

XRD試験結果から、高濃度のSrを含有する試料では、ストロンチアナイトが同定されたが、その他に、Srは炭酸塩鉱物や長石中のアルカリ元素及びアルカリ土類元素を置換していると推定される。

8. P

ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で5,000ppm以上の高濃集を示す。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)では全般に低濃度であり、その外周部のフェン岩化した閃長岩(Mfn)及び片麻岩(Ngn)に高濃集が認められ、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)とは顕著な差異が認められる。Pは、大部分燐灰石として産するが、一部試料のXRD試験によって、希土類元素の含有鉱物であるモナズ石が同定されている。

9. Fe

Feは、石英-長石片麻岩(Ngn)、閃長岩類(Msw, Msu, Msr, Msp)及びソーバイト(Mcs)では、平均1.73~3.50%と低濃度であり、一方、ベフォルサイト両岩体(Mcb1, Mcb2)やカーボナタイト岩脈(Mcd)では、平均3.73~5.74%と高濃度である。調査地域内のベフォルサイト岩体の周辺は、Feを含有するエジリン輝石質普通輝石やリーベック閃石の網状脈が発達しており、全岩として鉄含有量が高くなっている。

ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)はベフォルサイト北東岩体(Mcb2)より鉄が濃集している。

1-4 考察

本地域のマリンカスクエラカーボナタイト複合岩体(MQC)に含まれる有用元素のうち、濃集度の高いのは希土類元素(La, Ce, Ndなど)とNb, Pである。

MQCを岩相別に区分した場合、希土類元素はカーボナタイト岩脈(Mcd)、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)、ソーバイト(Mcs)の順で高濃度を示す。しかし、カーボナタイト岩脈(Mcd)はその分布範囲は狭く、経済的な視点から見た場合、嫁行対象としては有望とは言い難い。ソーバイト(Mcs)の希土類元素は、全般に高濃度であるが、顕著な濃集が認められない。一方、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)とベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の希土類元素は、これら岩体の外周部に濃集する傾向がある。

ベフォルサイト両岩体(Mcb1, Mcb2)における各希土類元素の分布状況を見ると、軽希土類元素(La, Ce, Nd)はt検定(5%危険率)にれば、両岩体で差は認められないが、中~重希土類元素(Eu, Tb, Yb, Lu)はベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で濃集する。

Nbは、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)とベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の中央部、及び斑状霞石閃長岩岩体(Msp)で1,000ppm以上の高濃集が認められる。Nbは岩体中央部で濃集し、岩体外周部に濃集する希土類元素とは対照的である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)よりベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で濃集する傾向にある。

Pは、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の外縁部、及びベフォルサイト北東岩体(Mcb2)及びその周辺に濃集する。高濃集部では、青緑色の磷灰石が細脈あるいはレンズ状の形態で産する。

ベフォルサイト両岩体(Mcb1, Mcb2)に含まれる希土類酸化物(R2O3)は、地表で最大2.7~3.2%, 平均で0.12~0.16%, Nbは地表で最大0.5~0.6%, 平均0.08~0.12%である。Pは地表で最大3.4%, 平均0.8%, 地下で最大4.5%, 平均1.2%である。

ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)は、Pb-Pb法による年代測定では 325.5 ± 3.5 Maを示した。一方、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)は変成を受けたナマ層群(Nsh)を貫いていることが確認されている。ナマ層群は530及び495Maに変成作用を受けており(Ahrendt, 1997), ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)はこの年代よりも新しい。Pb-Pb法による年代測定結果はこの地質現象と対応している。しかし、Smithies(1990)による、同一貫入岩体群(MQC)に属する閃長岩のRb-Sr年代測定では 505 ± 18 Maを示しており、本調査による年代はこれより、やや若くなっている。ベフォルサイトを含むMQCの年代を正確に知るには、複数の測定を実施する必要がある。

EPMA定量分析によれば、希土類鉱物のバストネサイトは(Ce, Nd, La, Pr, Ca, Fe, Sr)CO₃(F, OH)の組成を持ち、Ce, Nd, Laに富む。Nb鉱物のパイロクロアは(Na, Ca)₂(Nb)₂O₆(F)の組成を持つ。Na:Caの原子数比(Atomic Ratio)は、ほぼ1:1であり、ボーリングコア中のパイロクロアとも化学組成は同一である。

酸素及び炭素同位体比(図II-1-5)によれば、方解石や苦灰石の $\delta^{13}\text{C}$ や $\delta^{18}\text{O}$ はソバイト、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2), ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の順に増加し、貫入の順序と対応している。最末期のカーボナタイト岩脈(Mcd)は同位体比のバラツキが大きい。

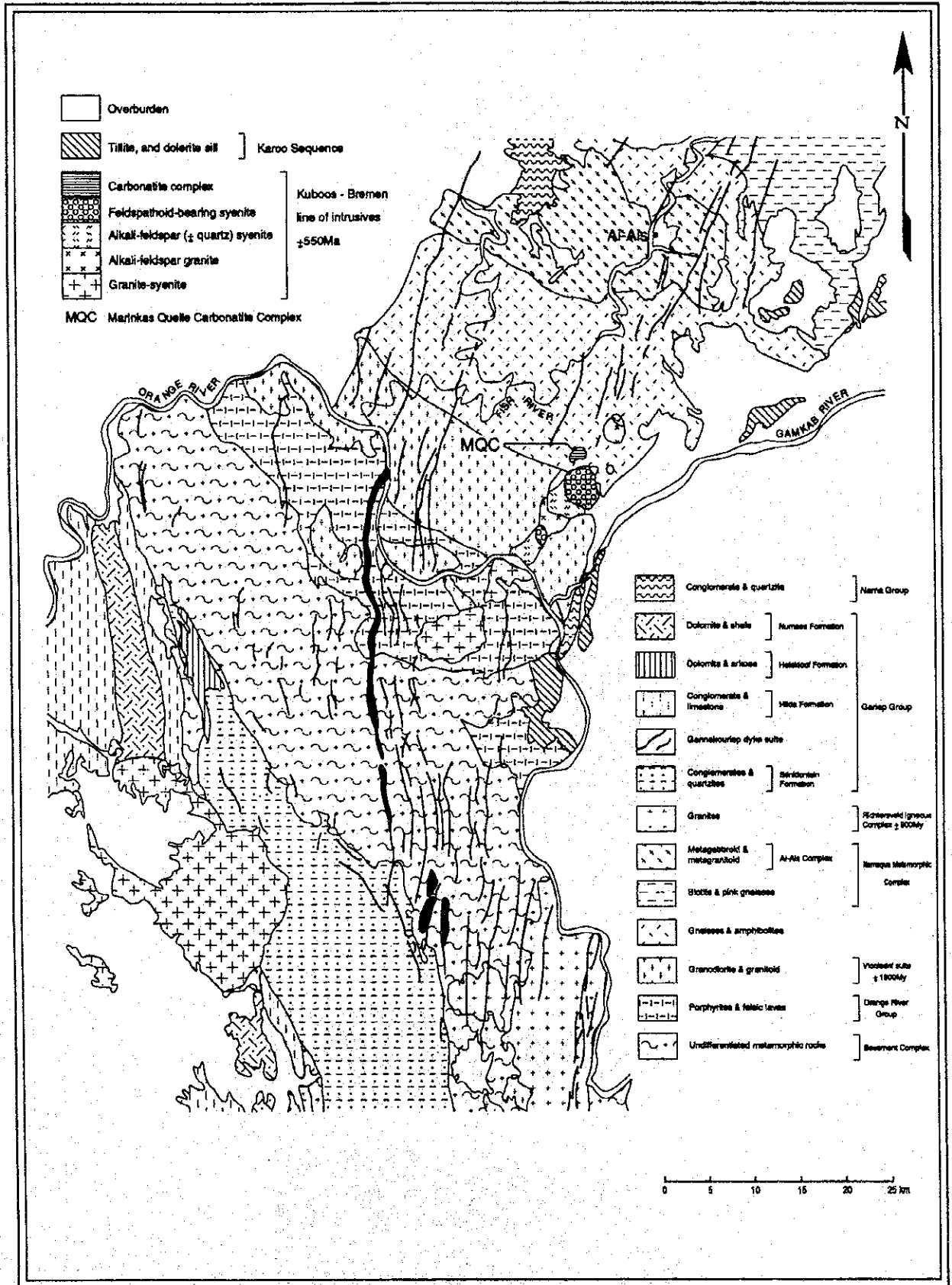


図 II - 1 - 1 オレンジ地域周辺の広域地質図

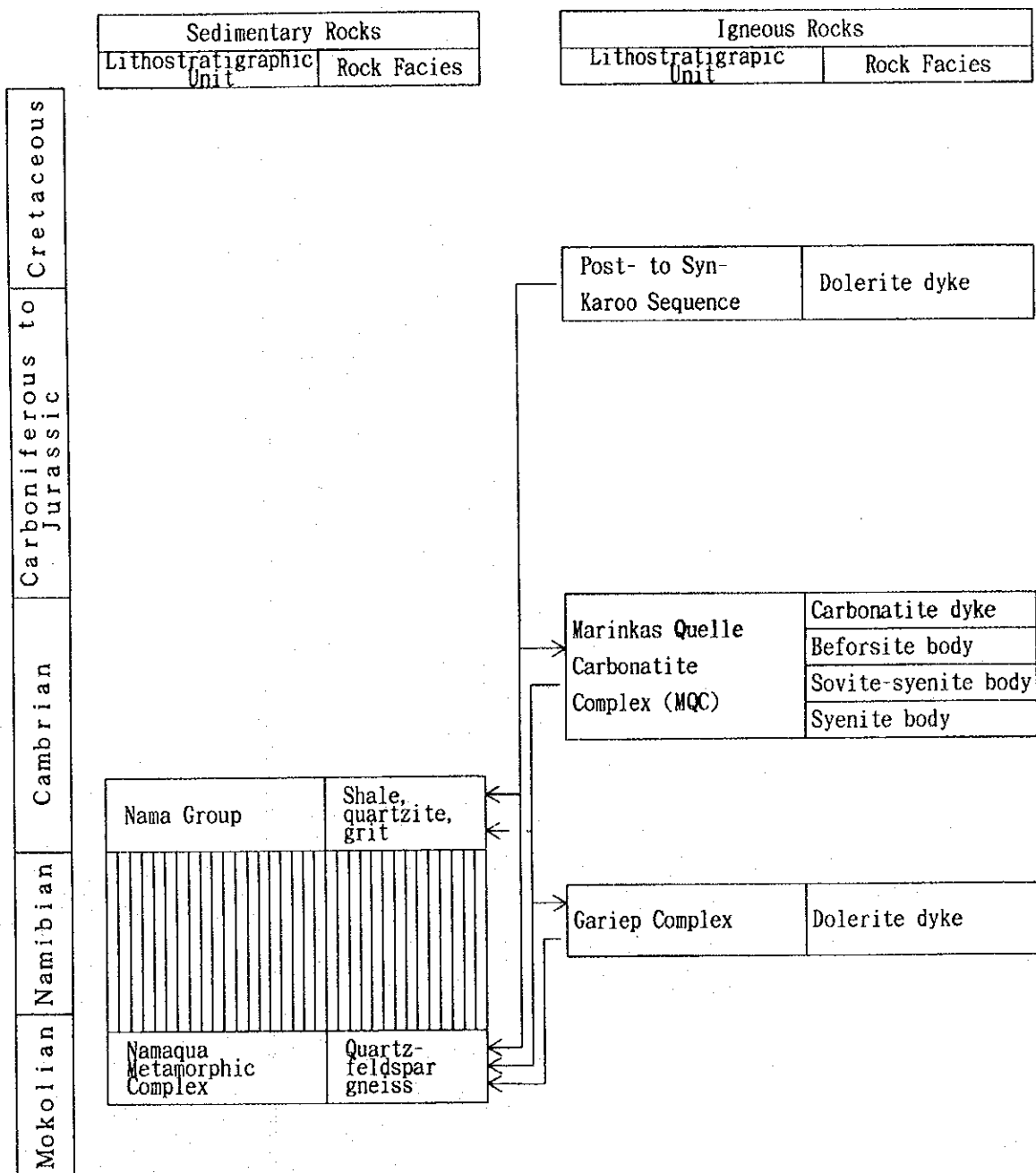
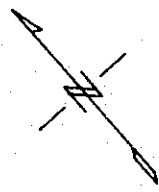
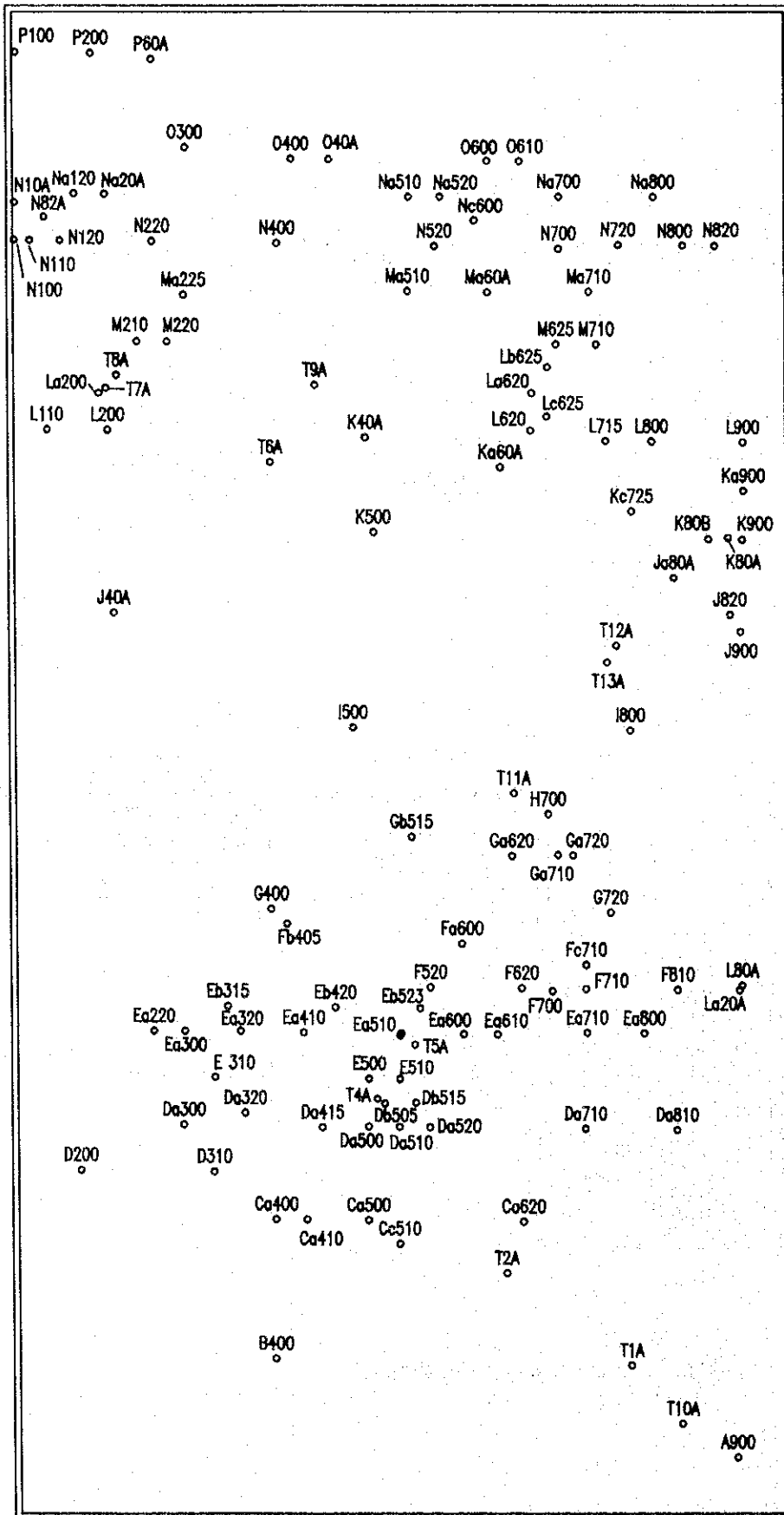
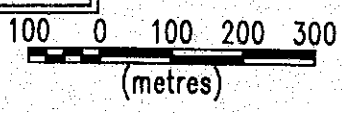


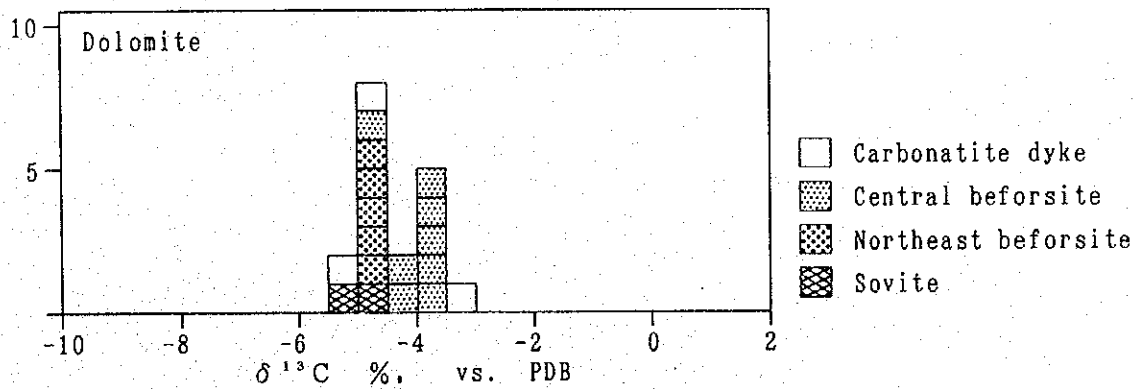
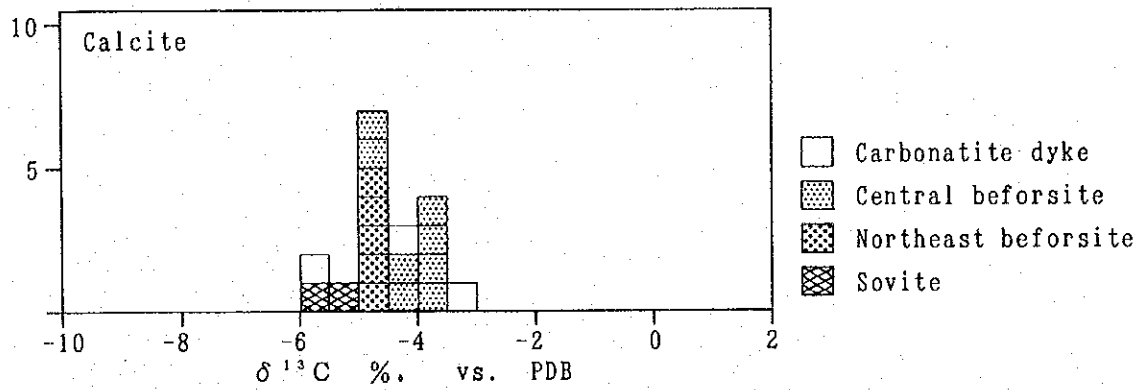
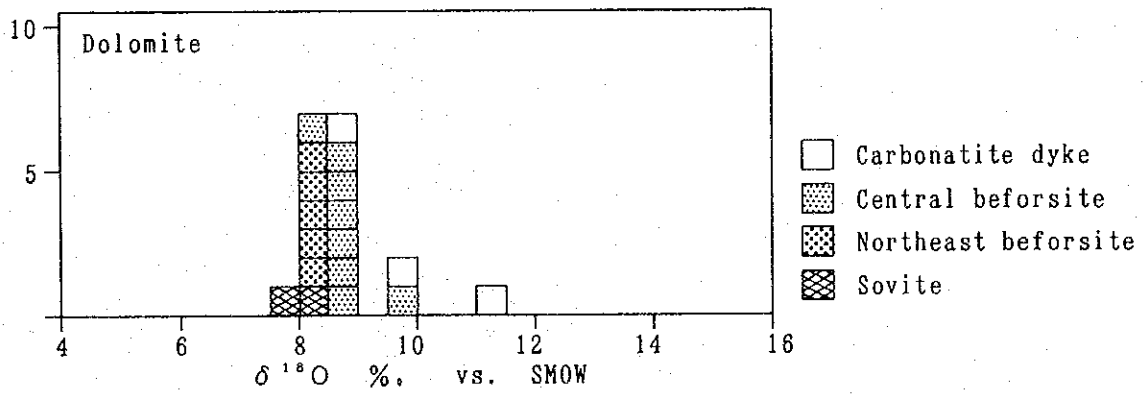
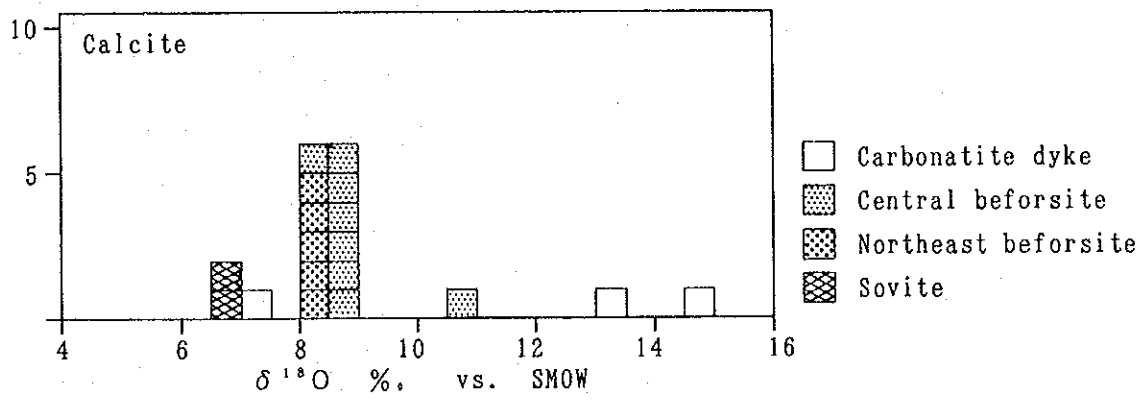
図 II - 1 - 3 オレンジ地域の模式層序



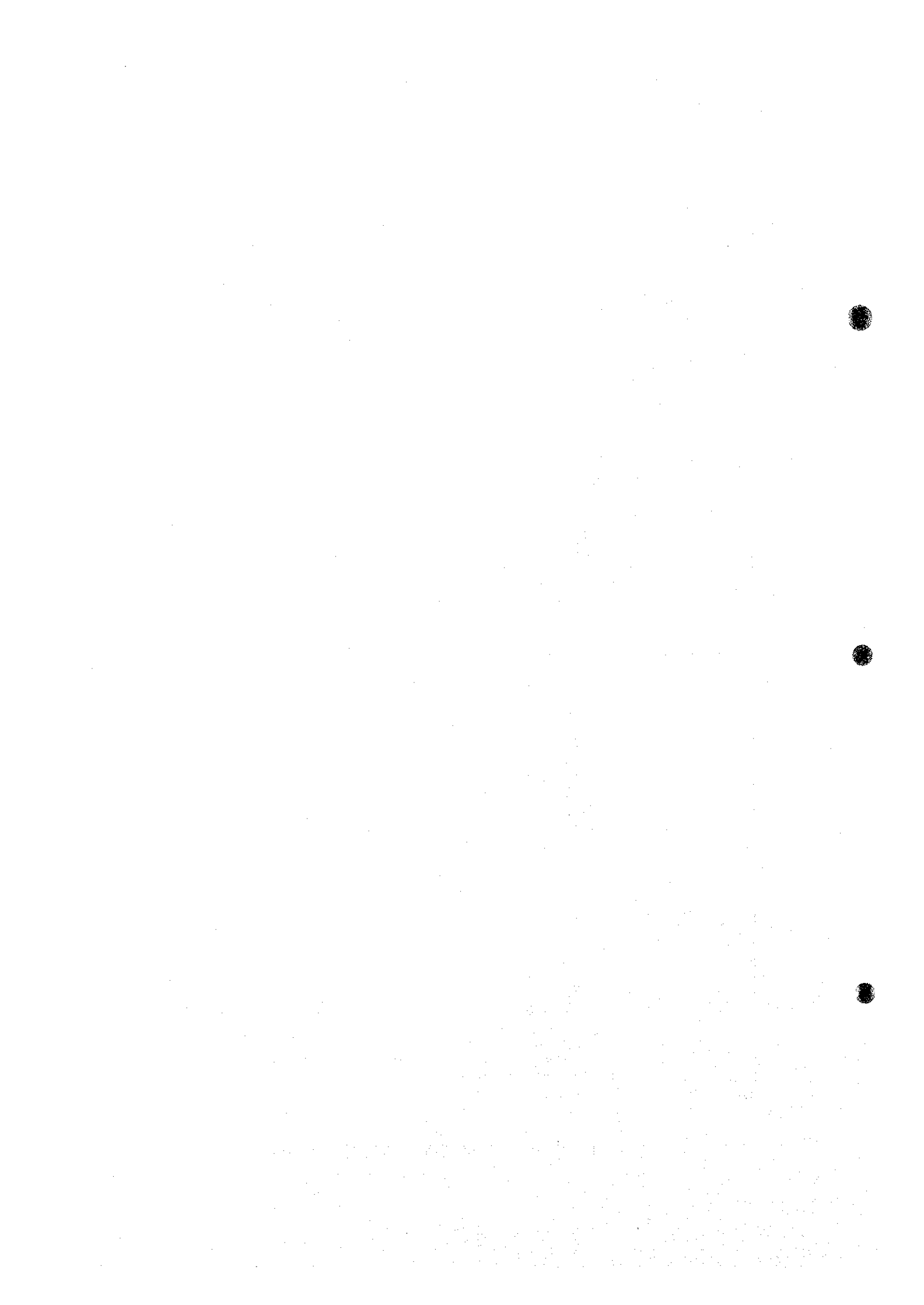
Location of samples used for the laboratory tests

図 II - 1 - 4 オレンジ地域の室内試験試料採取位置図





図Ⅱ-1-5 オレンジ地域の酸素及び炭素同位体組成の頻度分布図



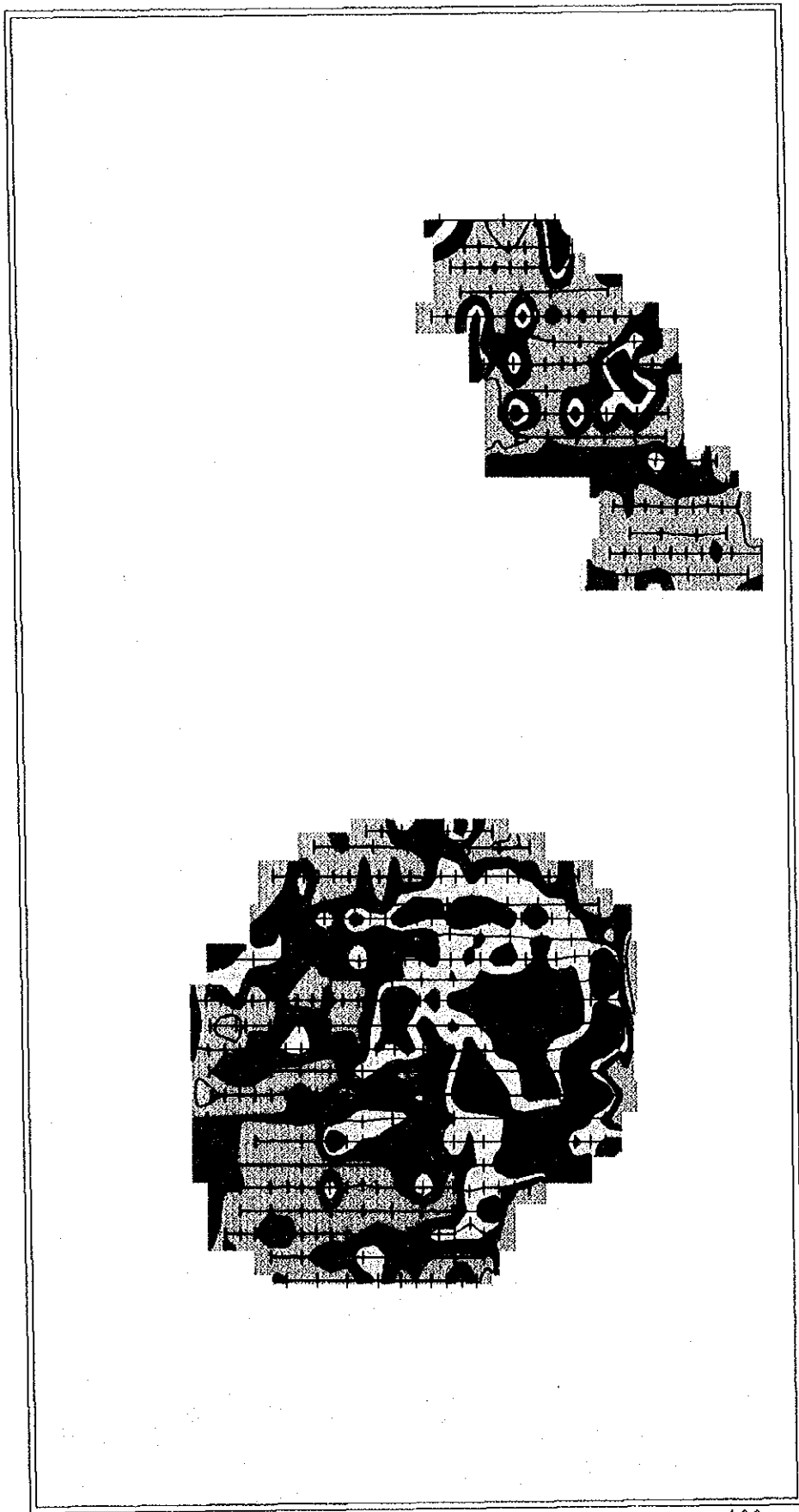
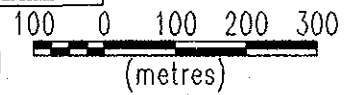
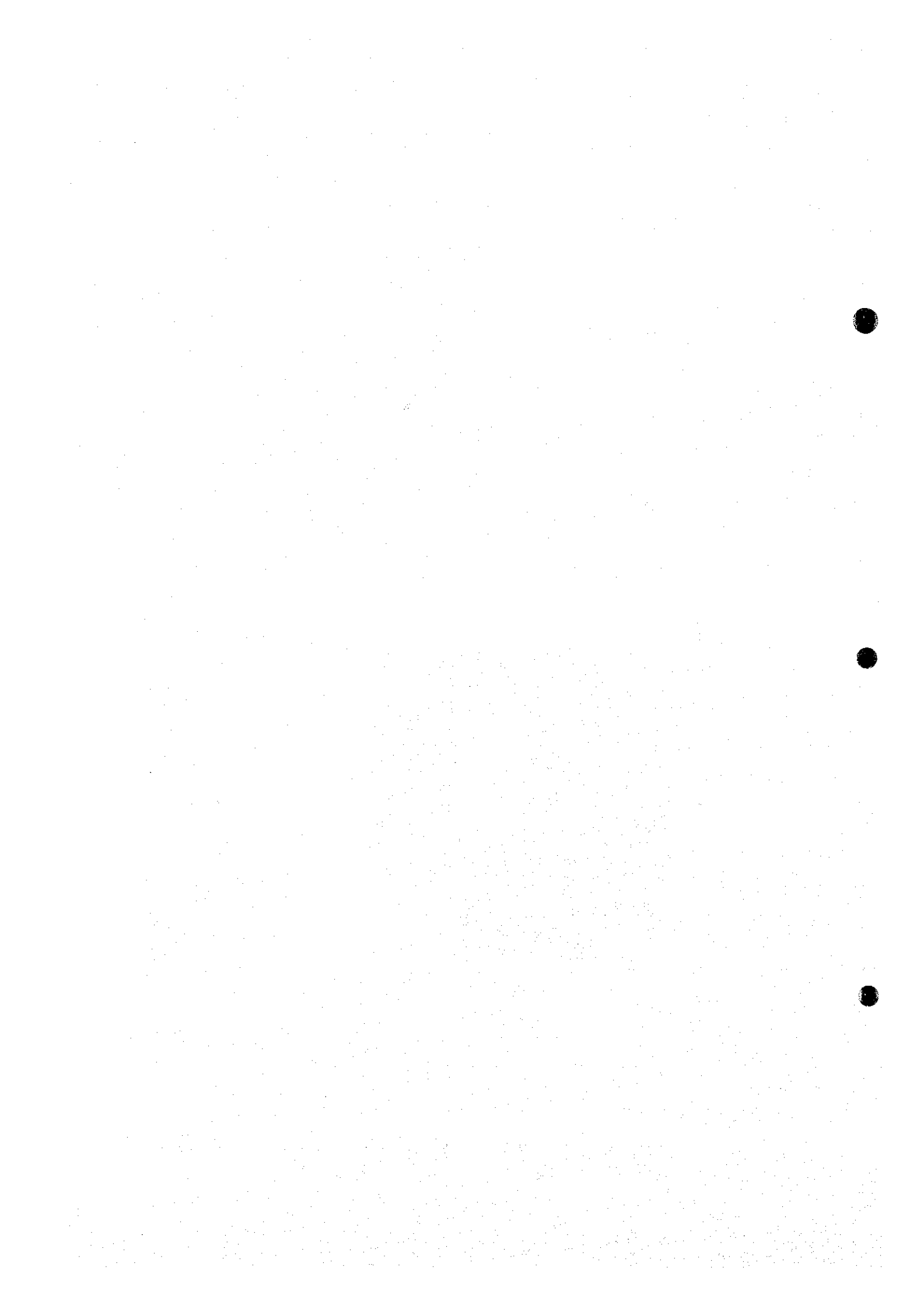
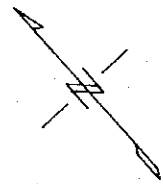
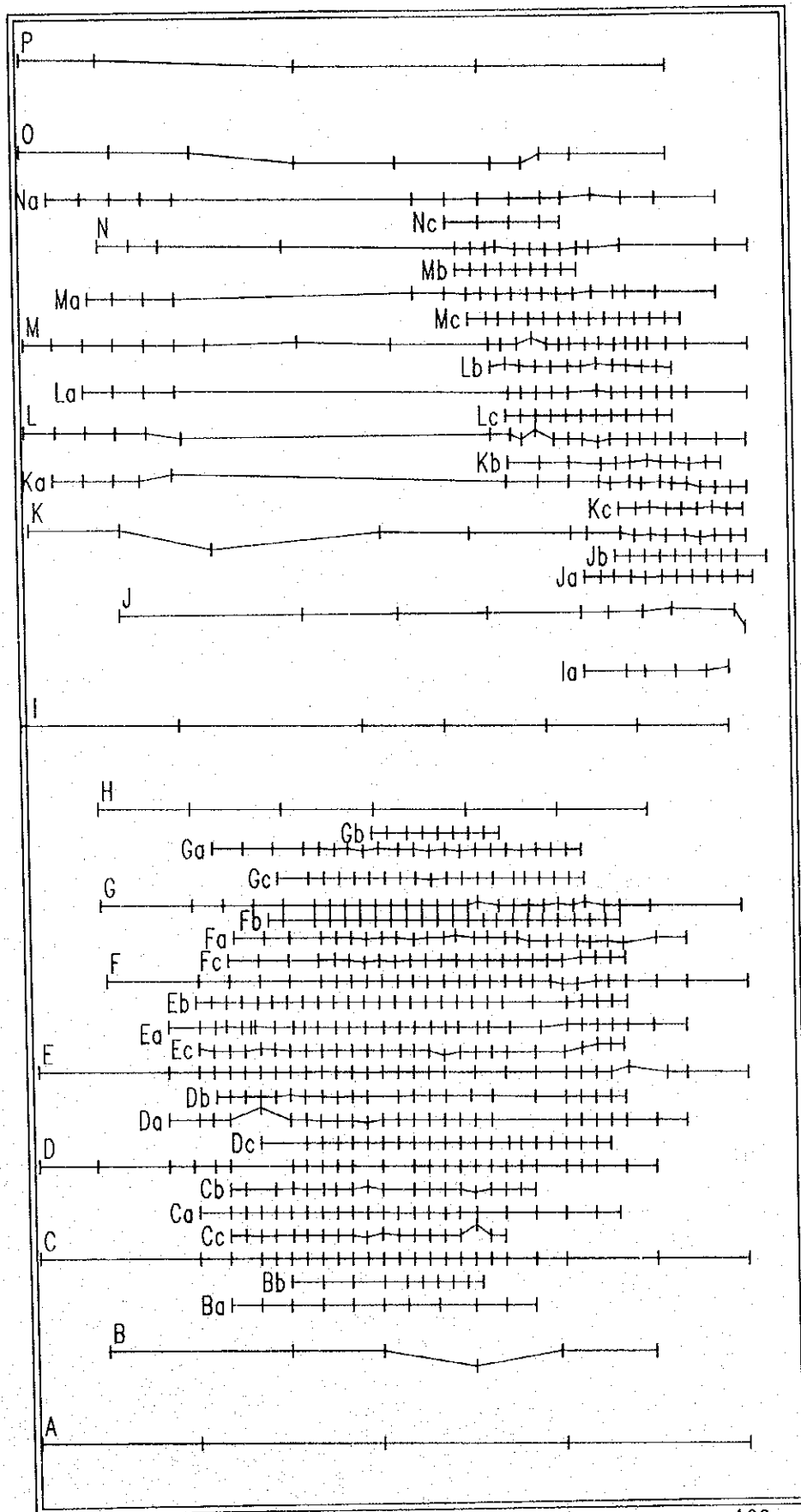


図 II - 1 - 6 オレンジ地域の帯磁率分布図

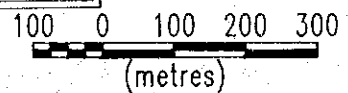


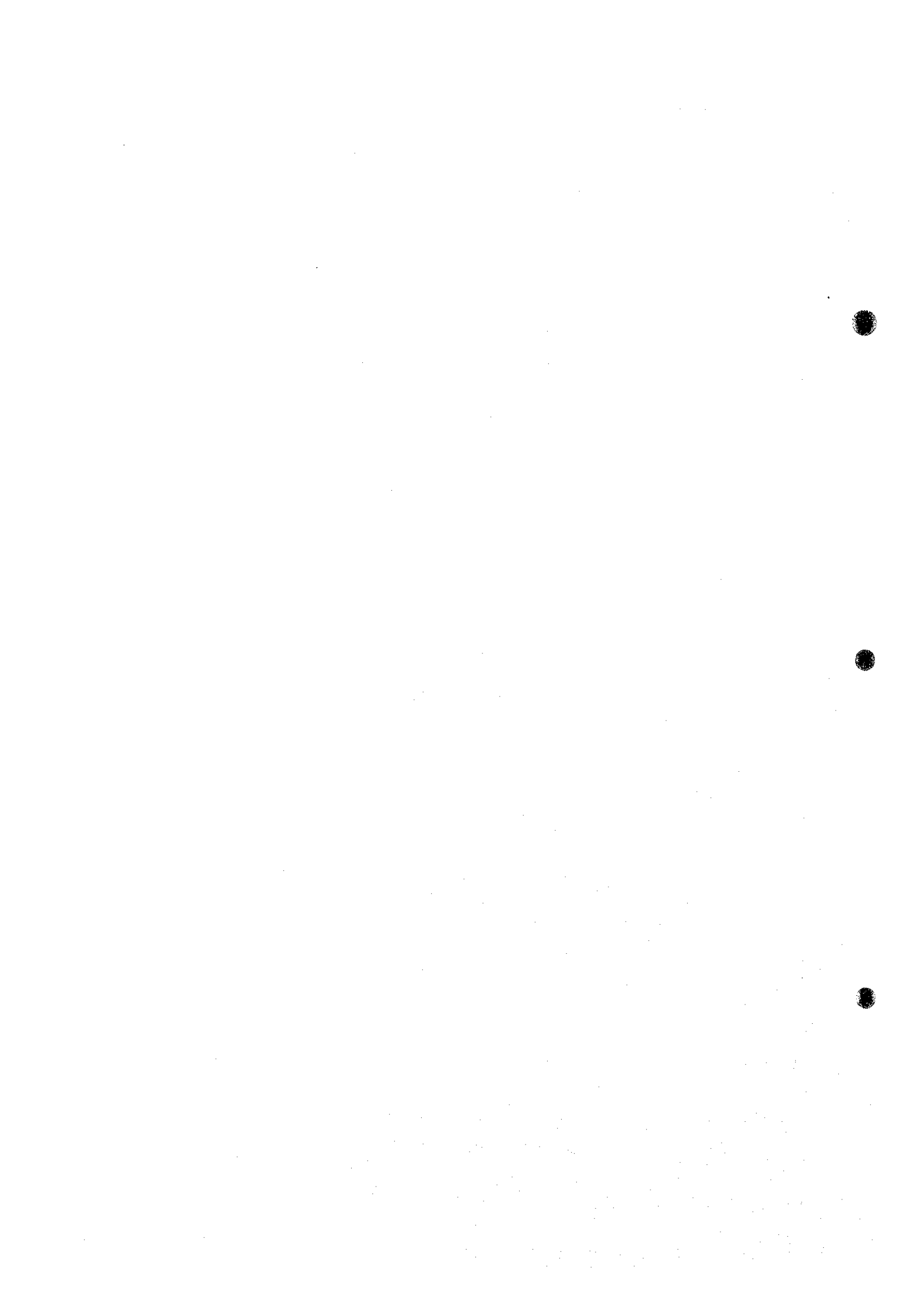




A
Geochemical survey line
& sampling site

図 II - 1 - 7 オレンジ地域の地化学探査試料採取位置図





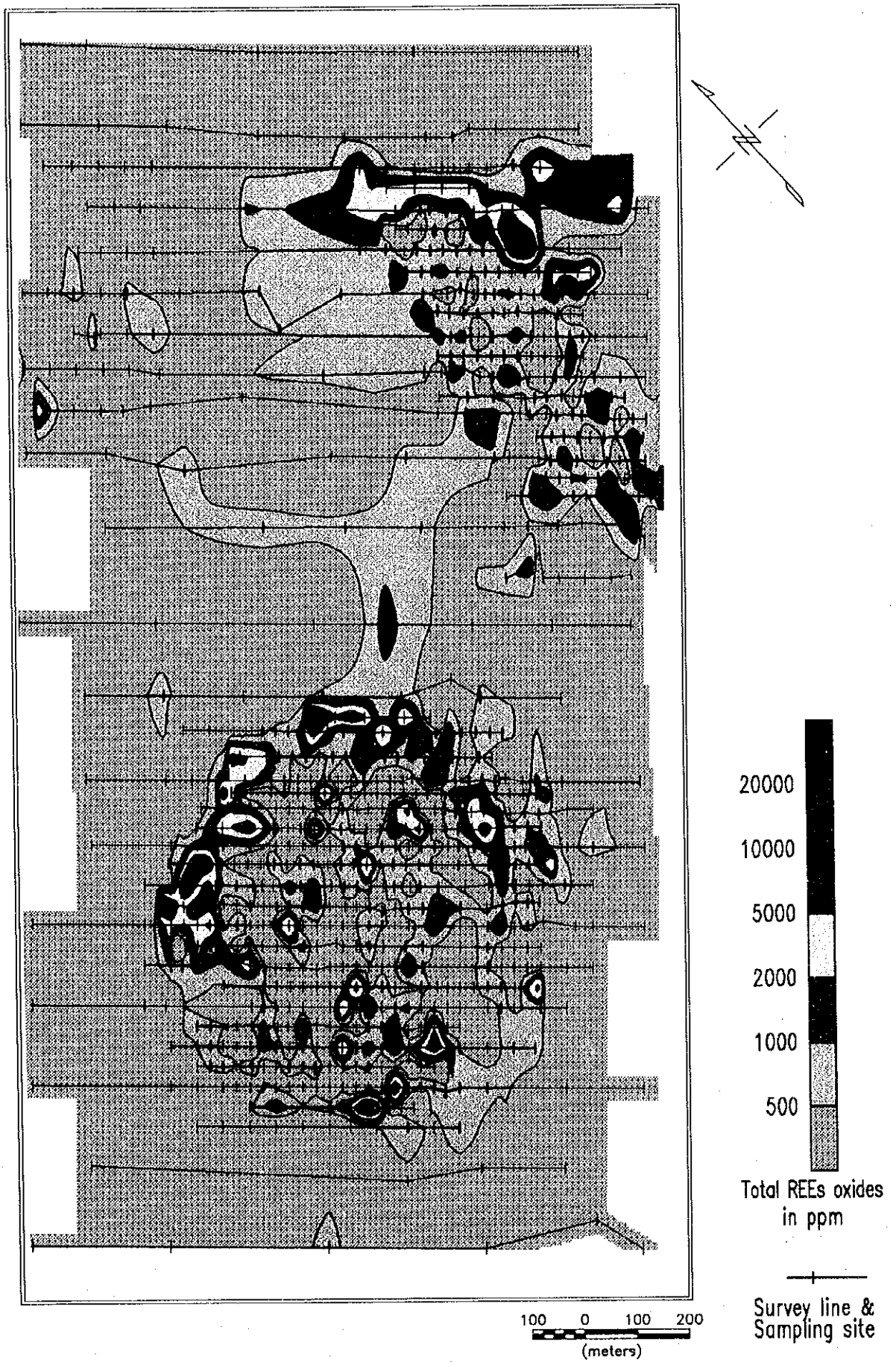
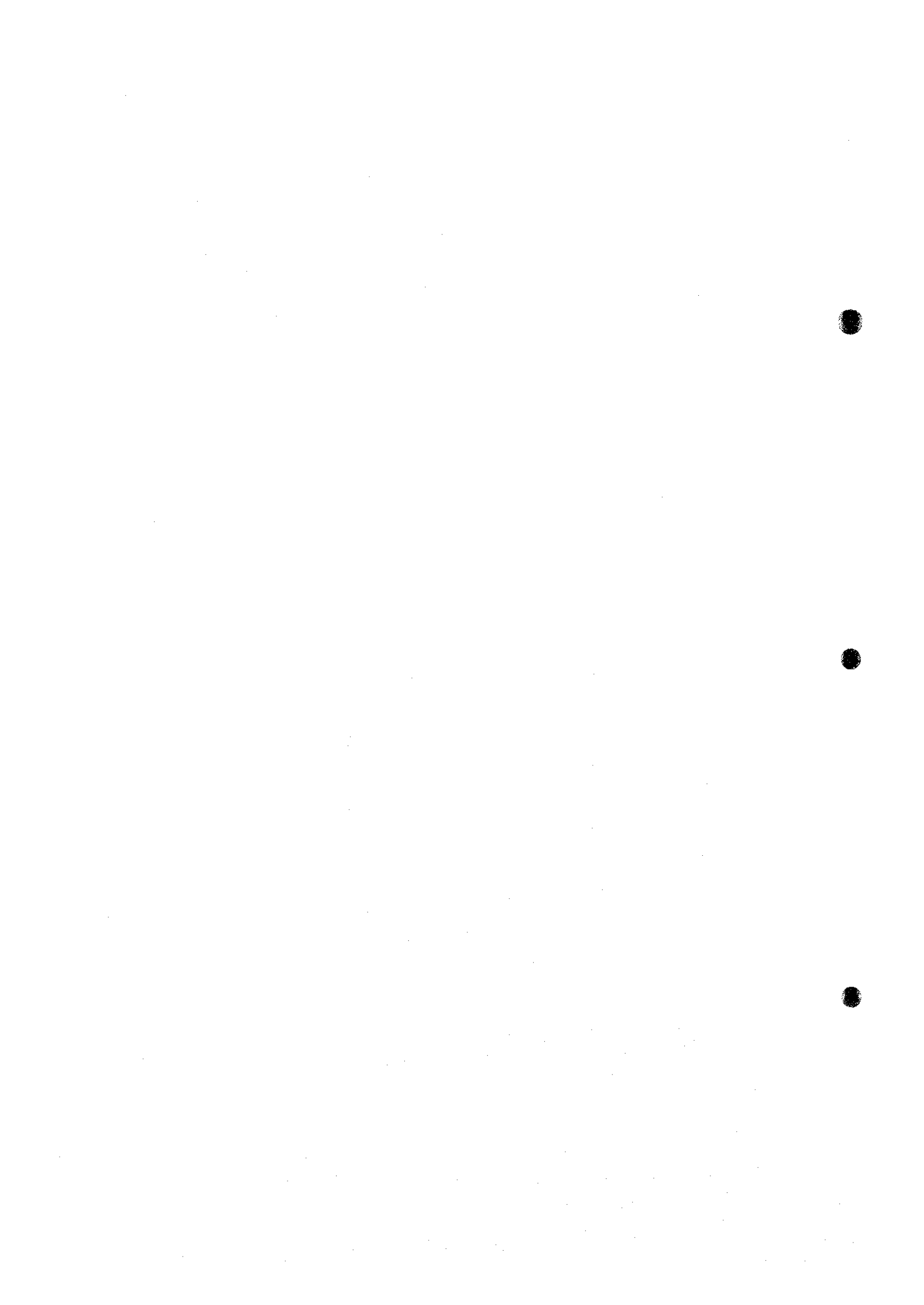
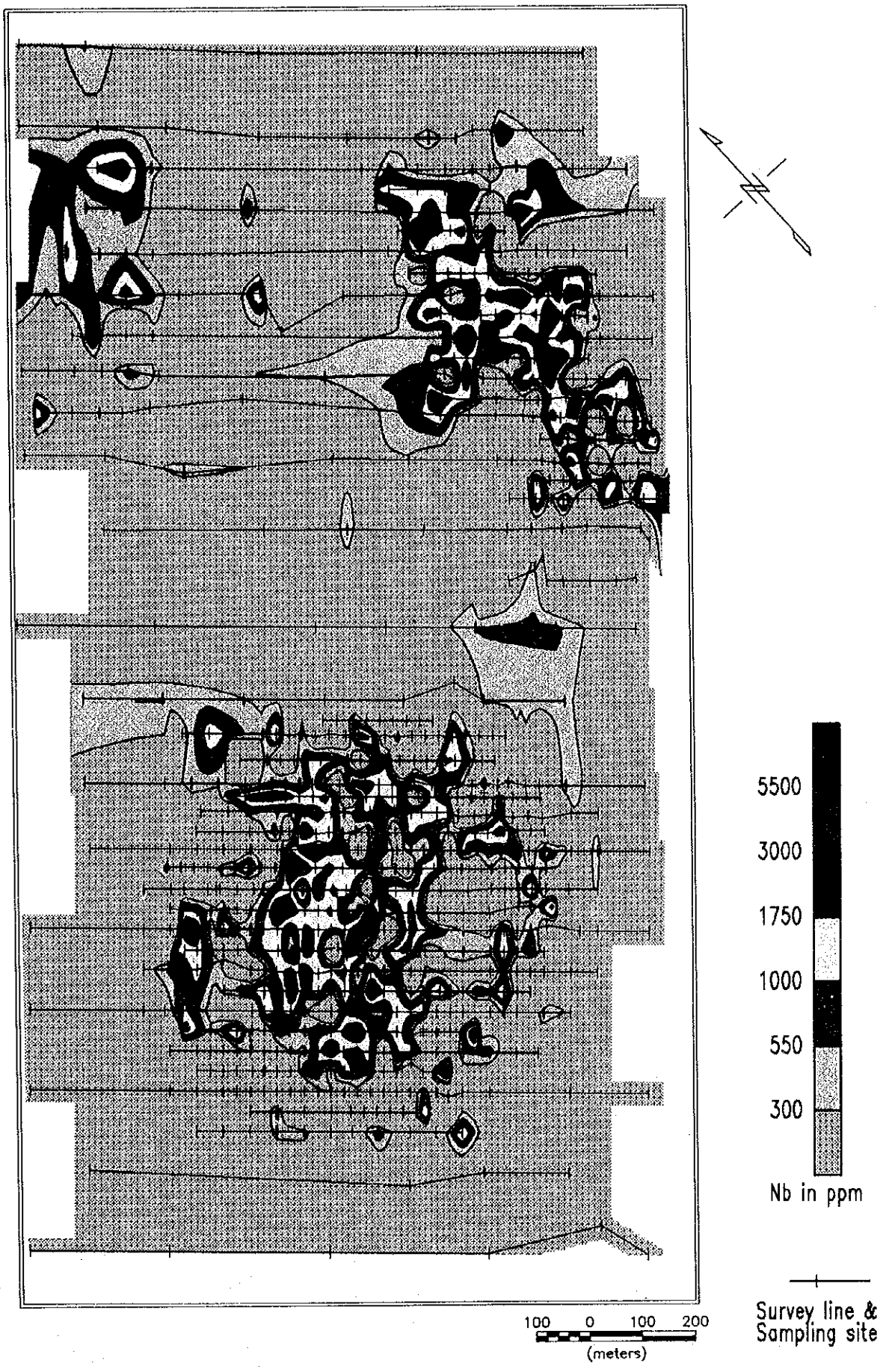
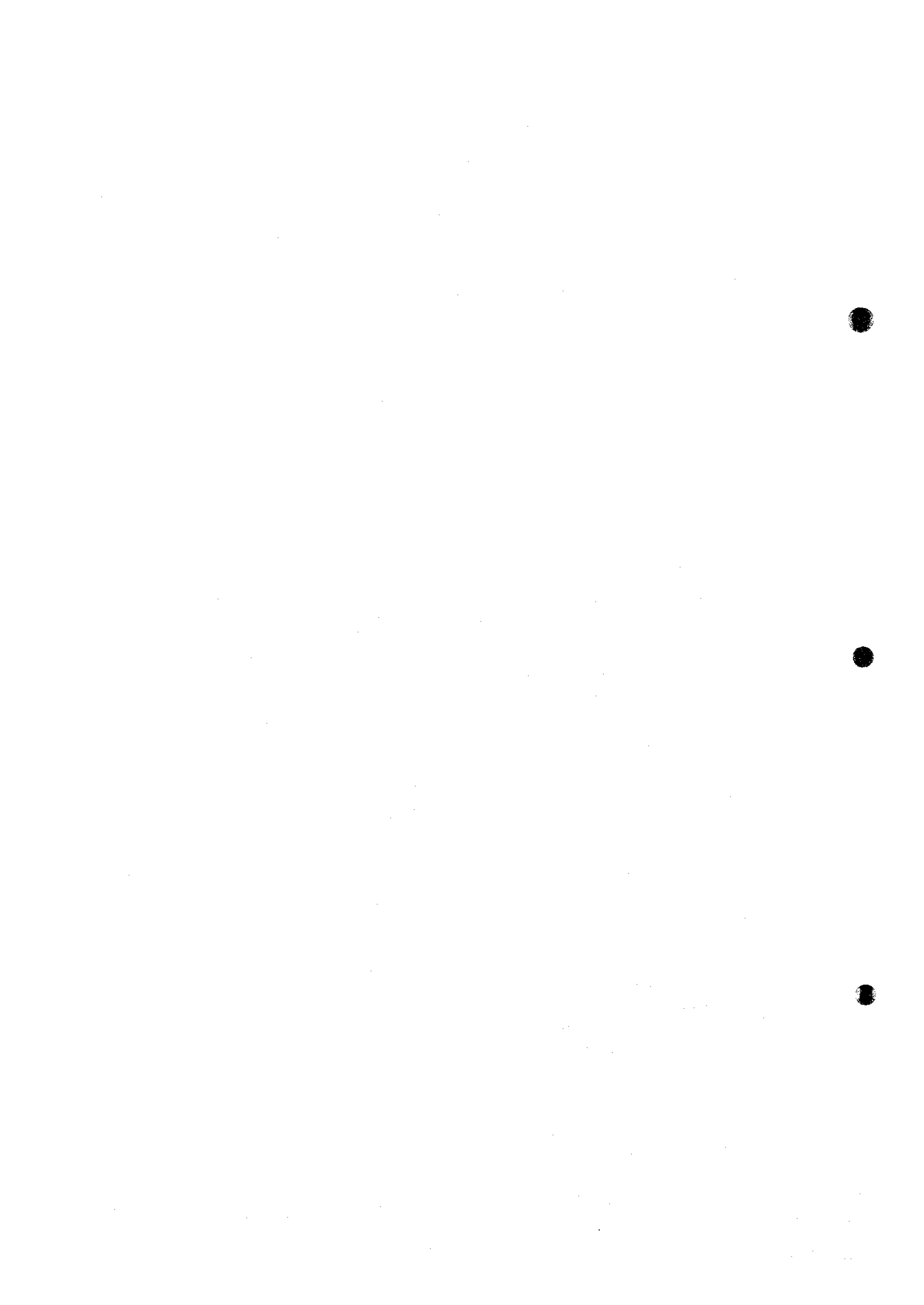


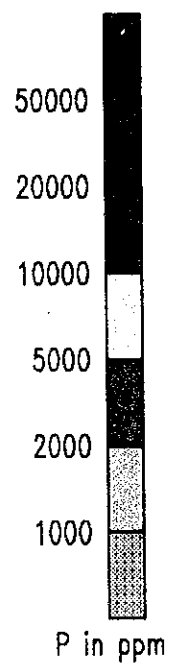
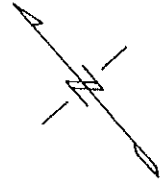
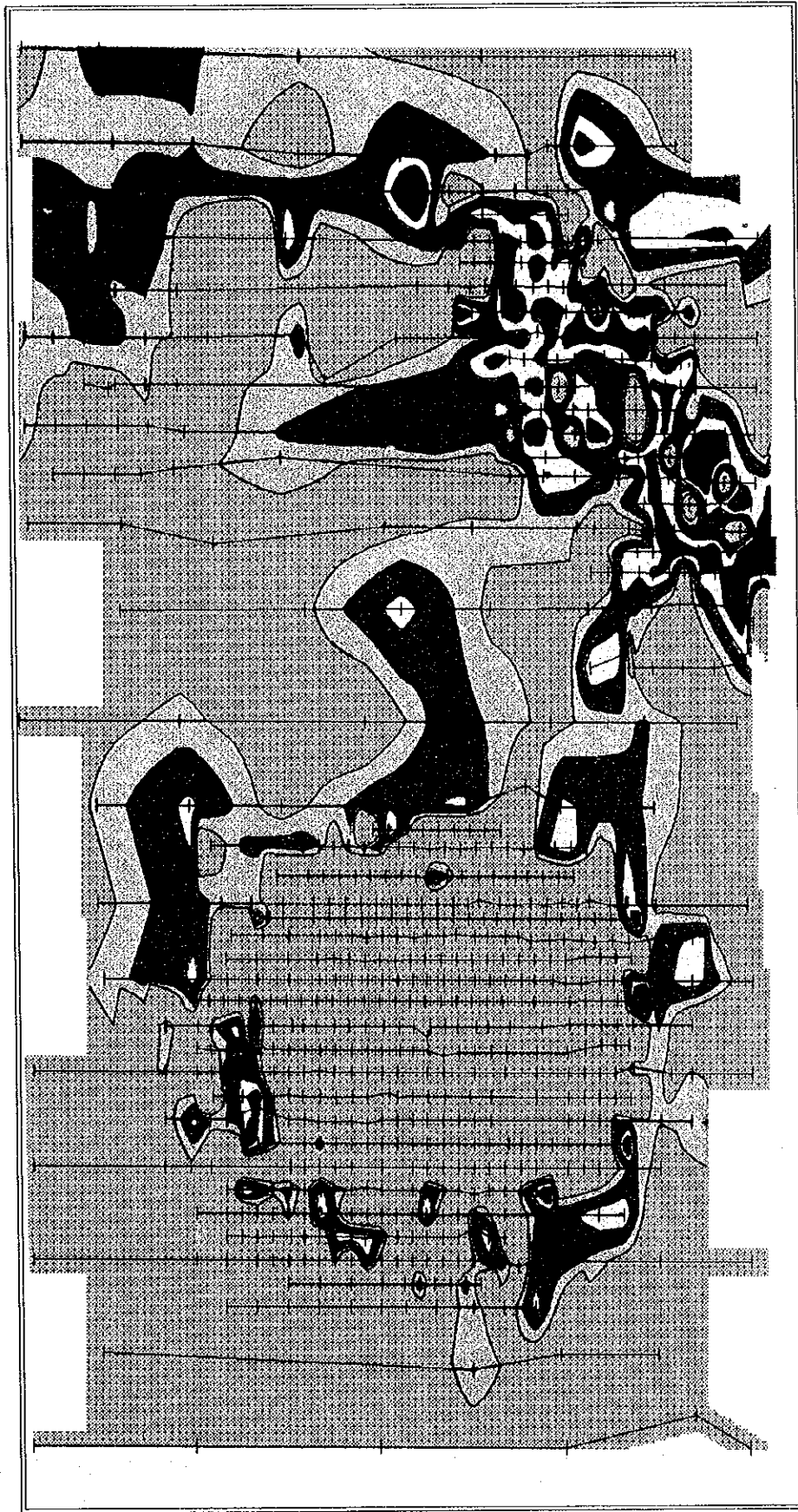
図 II - 1 - 8 オレンジ地域の地化学探査解析結果図 (酸化物に換算した全 R E E s)





図II-1-8 オレンジ地域の地化学探査解析結果図 (Nb)

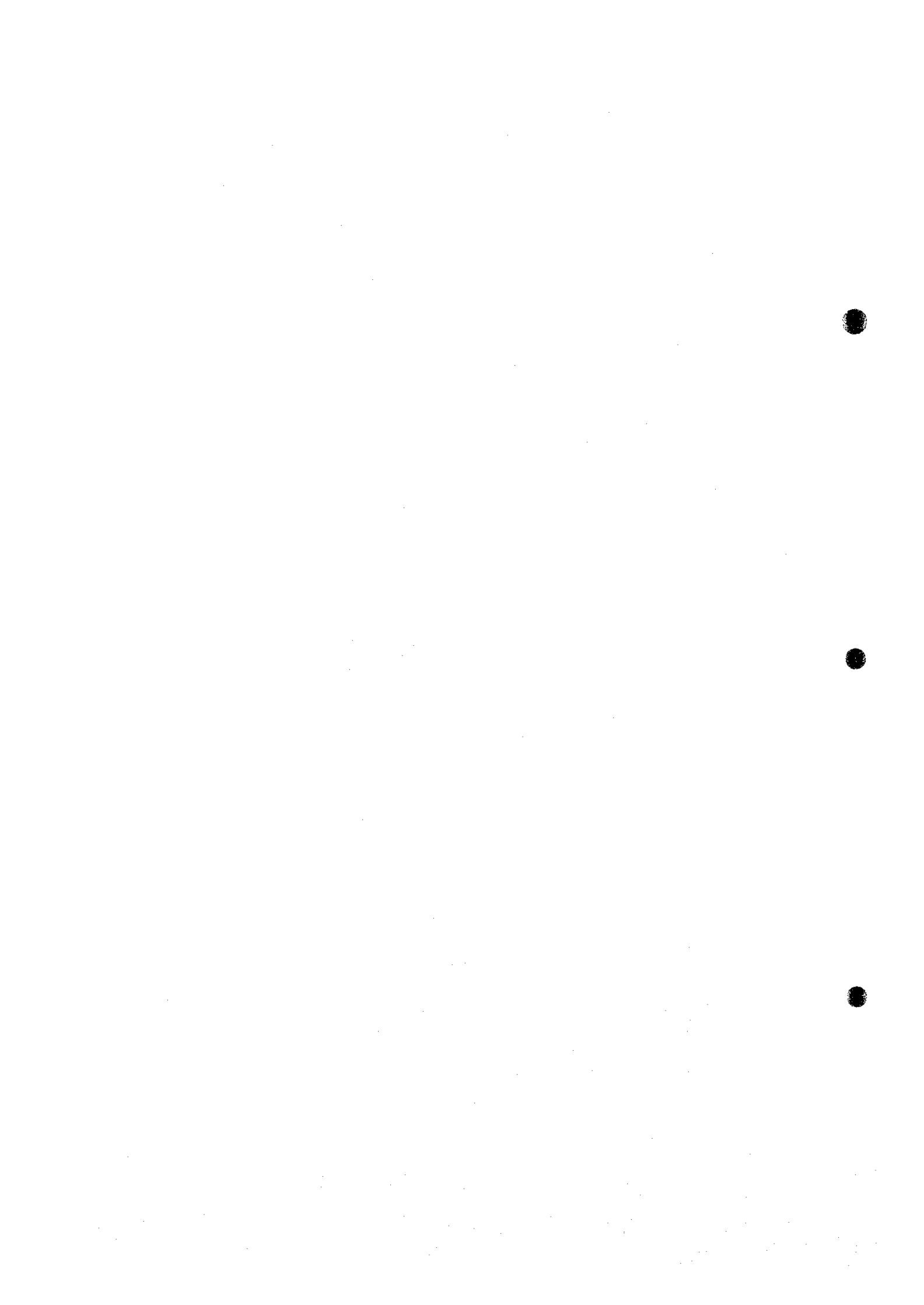


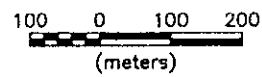
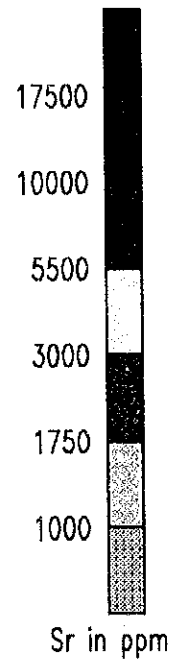
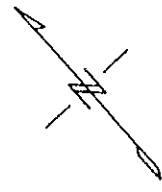
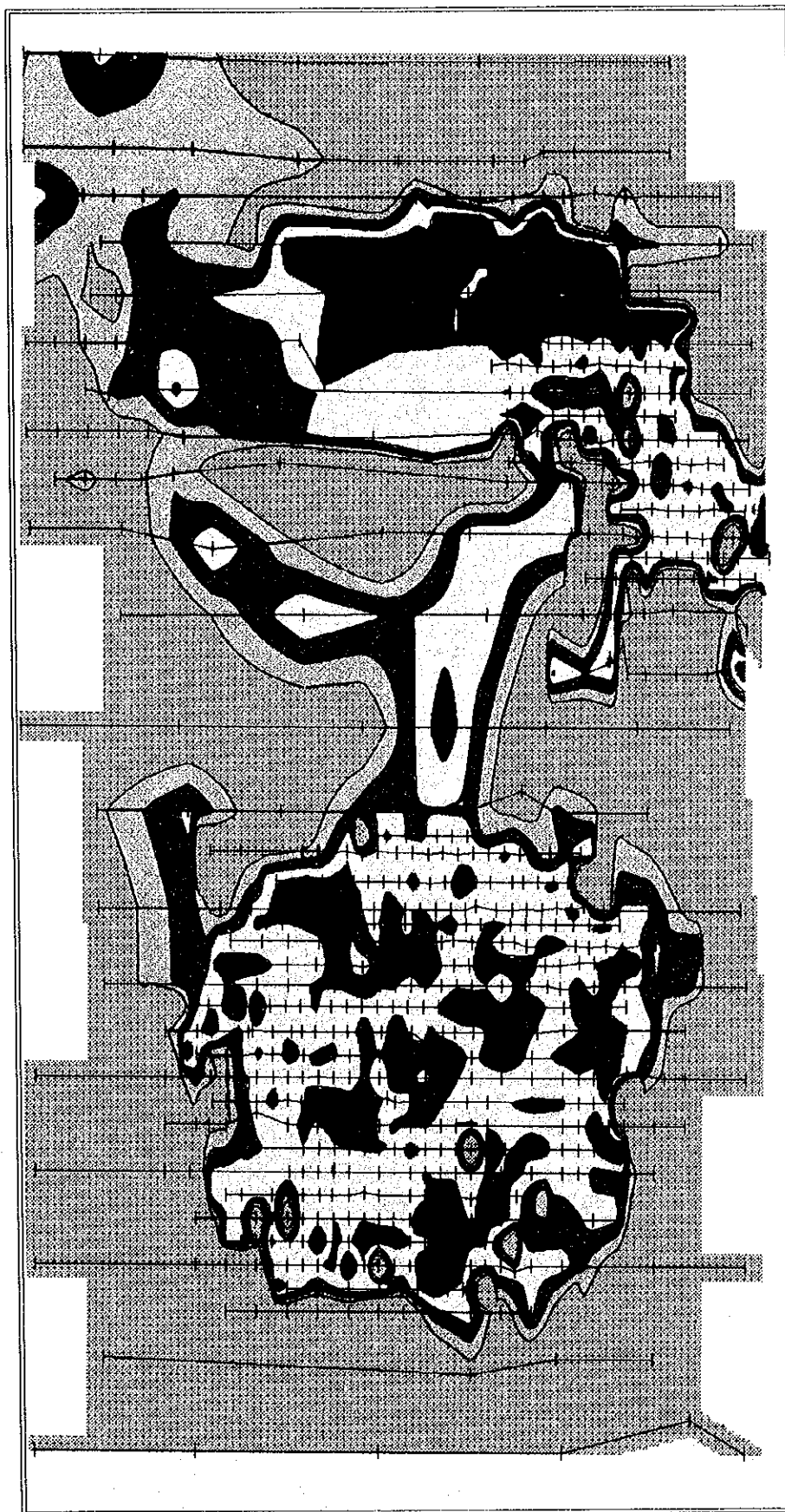


Survey line & Sampling site

100 0 100 200
(meters)

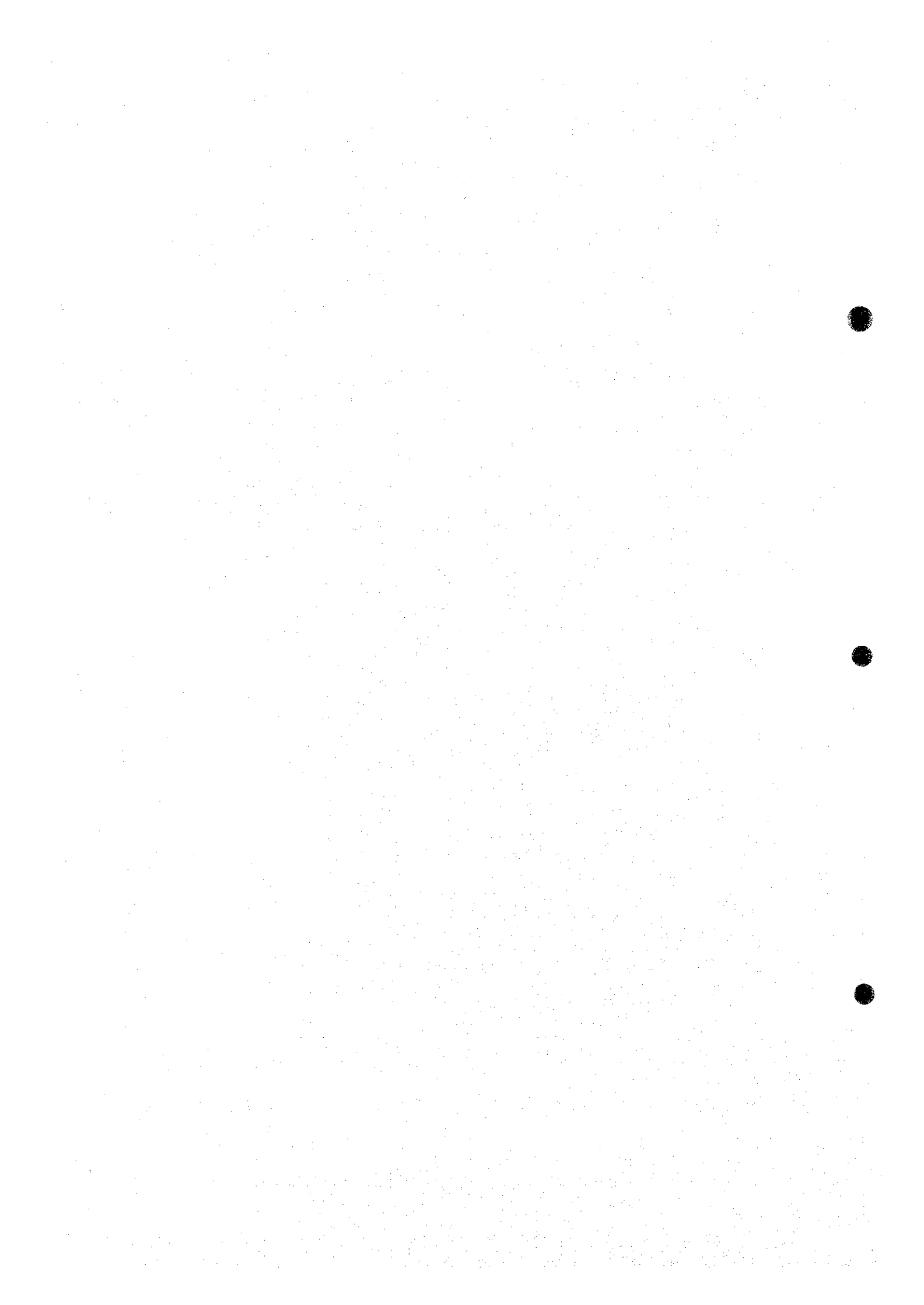
図II-1-8 オレンジ地域の地化学探査解析結果図 (P)

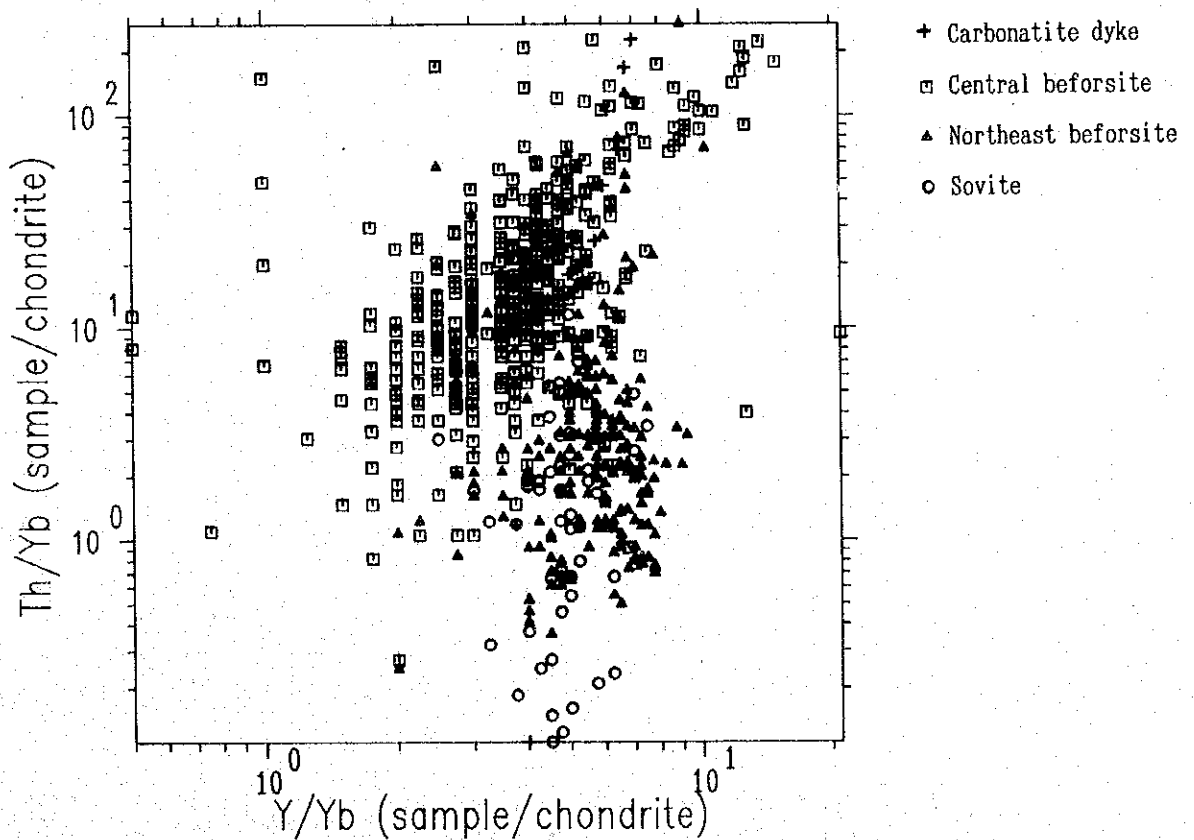
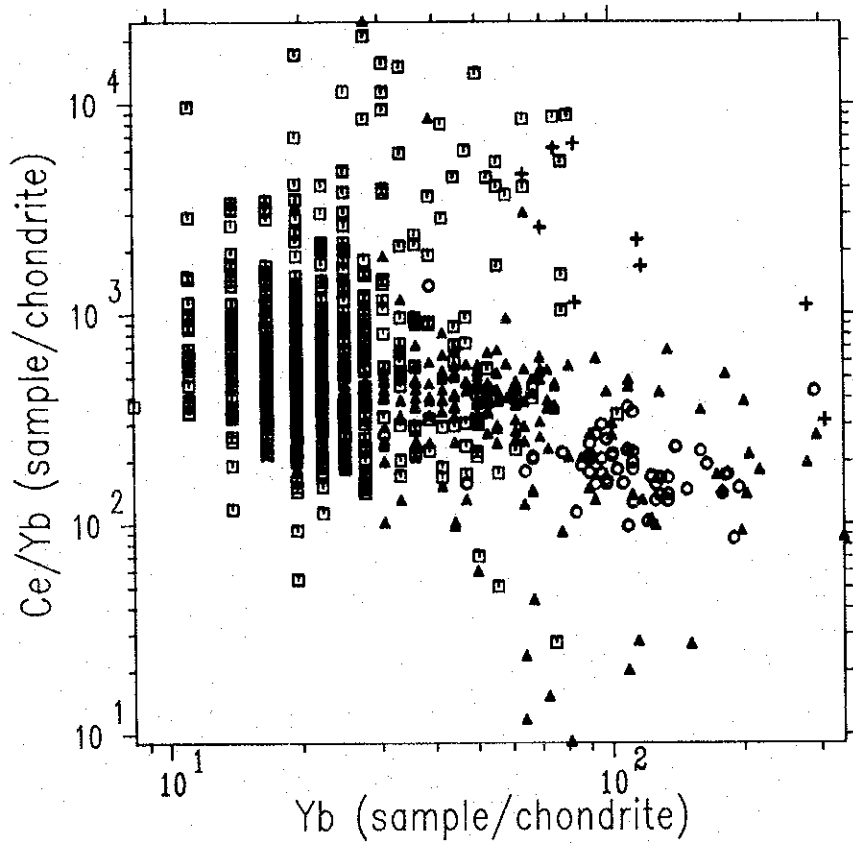




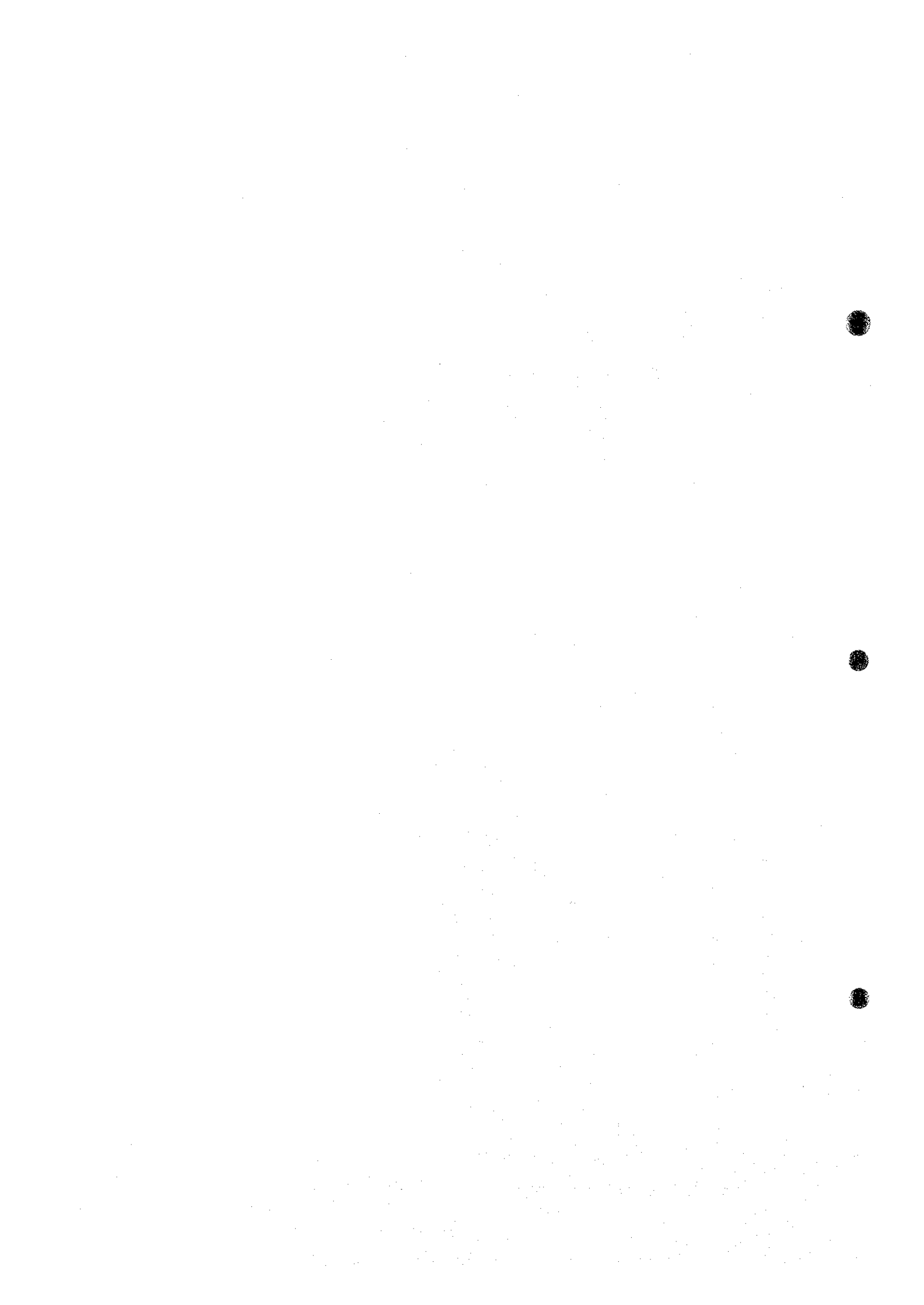
—+—
Survey line & Sampling site

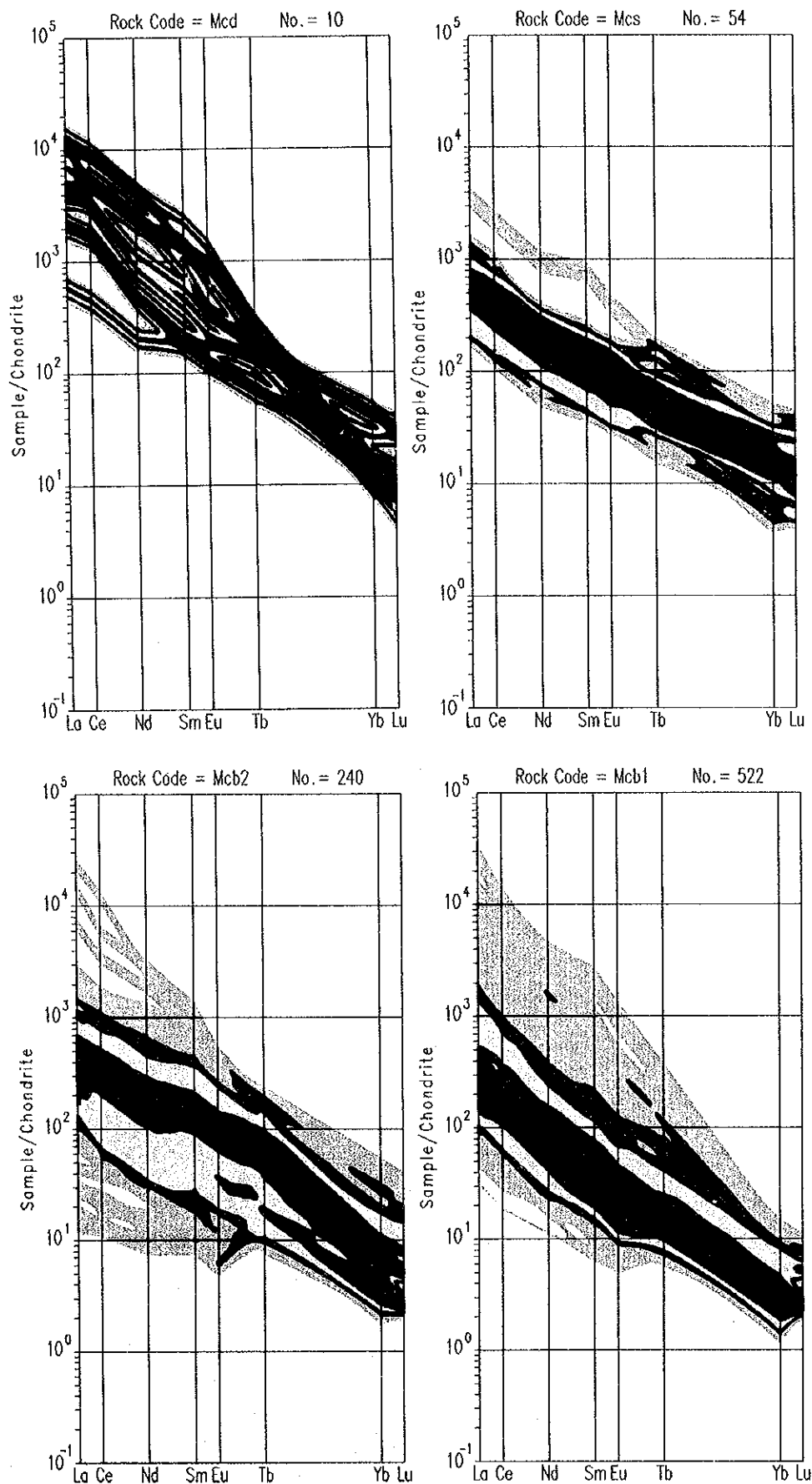
図 II - 1 - 8 オレンジ地域の地化学探査解析結果図 (Sr)





図Ⅱ-1-9 オレンジ地域のY/Yb-Th/Yb図及びYb-Ce/Yb図





図II-1-10 オレンジ地域の希土類元素パターン(1)



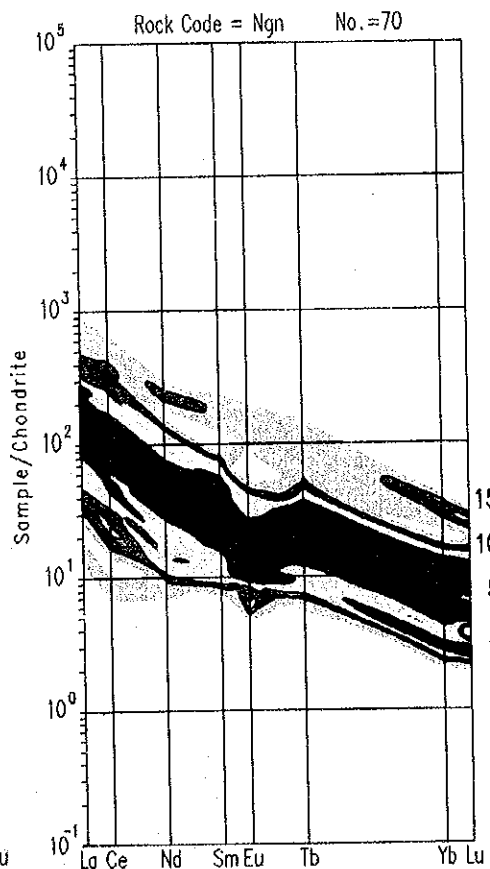
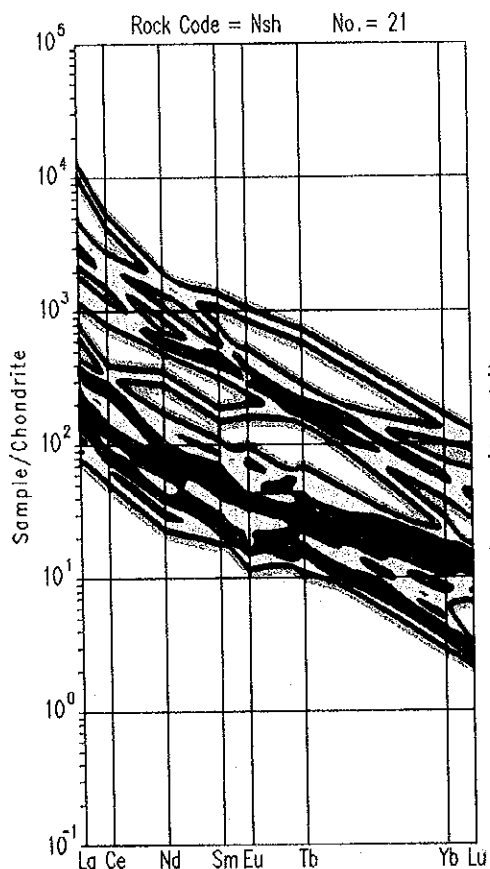
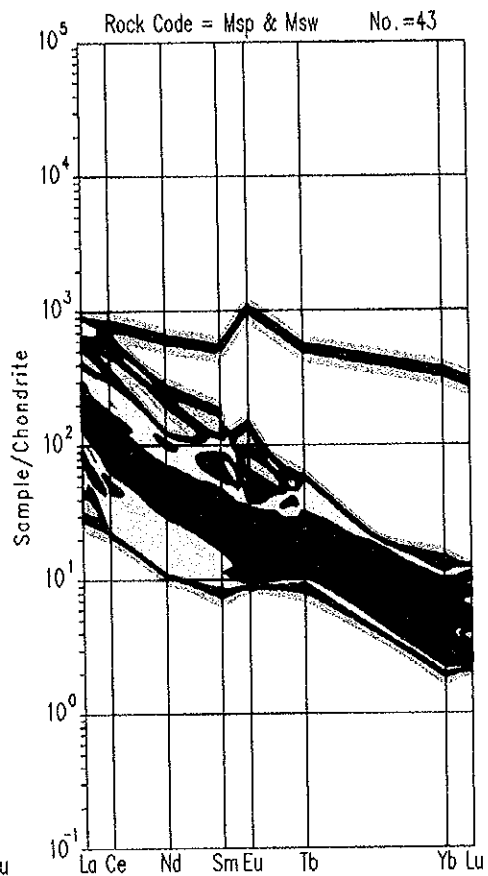
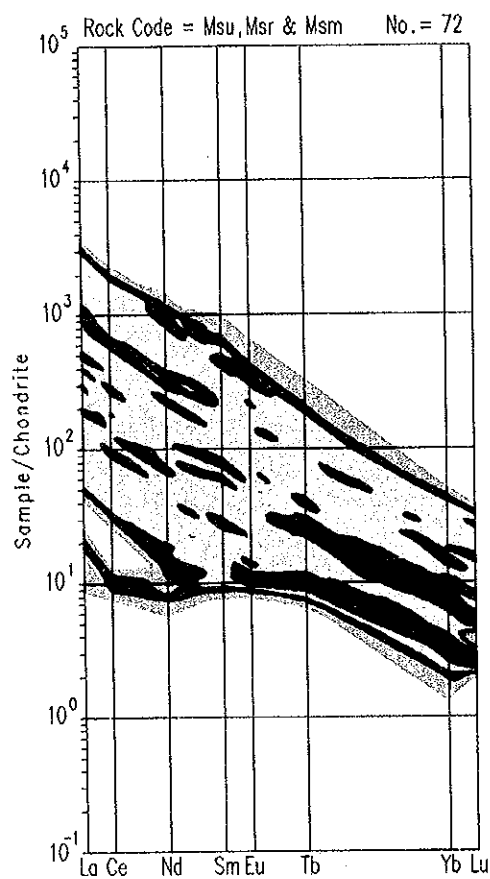
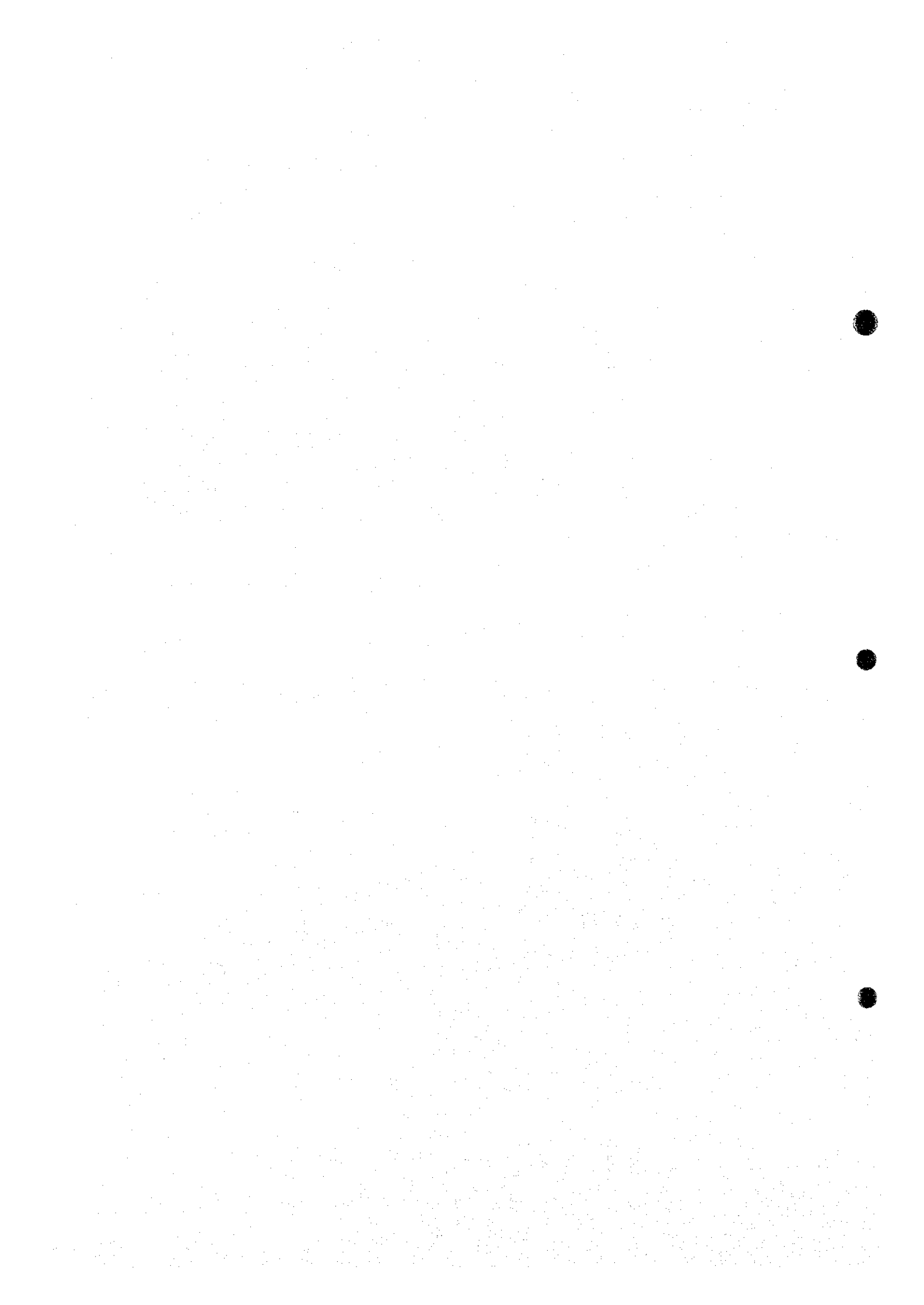


図 II - 1 - 10 オレンジ地域の希土類元素パターン (2)



表II-1-2 オレンジ地域のX線回折試験結果一覧表

No.	Sample No.	Rock name	Rock silica and silicate minerals							Carbonates			Oxides					Sulfides			Phosphates				Alteration minerals		
			Qtz	Pl	Ab	Kfs	Rbk	Phi	Ms	Cal	Mcc	Dol	Ank	Sd	Mgs	Hem	Mag	Py	Mc	Po	Ap	Chi	Mnt	Atg	Tlc	Goe	
1	Cc 510	Beforsite									●															△	
2	Ea 415	Beforsite, Ap			△						●															△	
3	Db 505	Beforsite			△						●															△	
4	Db 515	Beforsite									●															△	
5	E 510	Beforsite									●															△	
6	Ea 420A	White mineral vein in beforsite Vein					●				○															△	
7	Gb 515	Beforsite, Gn bearing									●															△	
8	Lb 625	Beforsite, Ap-Agt									●															△	
9	Lc 625	Beforsite									●															△	
10	Mc 600	Beforsite, Cal bearing									●															△	
11	T 1A	Beforsite, Ank									●															△	

●:abundant ○:common △:detectable
 Abbreviation
 Qtz:quartz Pl:plagioclase Ab:albite Kfs:potassium feldspar Rbk:riebeckite Phi:phlogopite Ms: muscovite
 Cal:calcite Mc:manganese calcite Dol:dolomite Ank:ankerite Sd:siderite Mgs:magnesite
 Mag:Magnetite Hem:hematite
 Py:pyrite Mc:marcasite Po:pyrrhotite
 Ap:apatite
 Chi:chlorite Mnt:montmorillonite Atg:antigorite Tlc:talc Goe:goethite

表 II - 1 - 3 オレンジ地域の E P M A 定量分析結果一覧表 (1)

Sample No.	T1A	
mineral	bastnaesite	
Point No.	1	2
	Weight percentage	
Si	0.026	0.062
Ti	0.000	0.000
La	8.946	7.987
Ce	28.256	27.503
Nd	17.243	12.469
Pr	6.093	4.955
Fe	0.219	1.186
Ca	1.316	4.335
Sr	0.325	1.222
Na	0.011	0.000
F	5.181	3.694
Cl	0.012	0.012
OH (calc.)	3.130	4.750
CO ₃ (calc.)	27.440	28.440
Total	98.198	96.615
Atom number(total metal=1.000)		
Si	0.002	0.004
Ti	0.000	0.000
La	0.137	0.110
Ce	0.428	0.377
Nd	0.254	0.166
Pr	0.092	0.068
Fe	0.008	0.041
Ca	0.070	0.208
Sr	0.008	0.027
Na	0.001	0.000
F	0.579	0.373
Cl	0.001	0.001
OH (calc.)	0.416	0.570
CO ₃ (calc.)	0.971	0.910

Composition of bastnaesite, assuming M(CO₃)(F,Cl,OH)

The rock codes are same as in the appendices of B-1.

表 II - 1 - 3 オレンジ地域の E P M A 定量分析結果一覧表 (2)

Sample No. mineral Point No.	Da415		Lb625		Lc625	
	pyrochlore		pyrochlore		pyrochlore	
	1-core	2-core	1-rim	2-rim	1-core	2-rim
Weight percentage						
Si	0.017	0.018	0.012	0.031	0.049	0.165
Ti	0.848	0.638	0.837	0.584	1.207	1.469
Zr	0.064	0.019	0.173	0.004	0.046	0.041
Ta	0.020	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb	49.174	50.343	48.841	49.010	47.911	47.618
Ce	0.532	0.564	0.167	0.338	0.375	0.410
Nd	0.047	0.059	0.041	0.092	0.058	0.074
Ca	9.711	10.239	11.366	10.376	10.865	11.286
Sr	1.821	1.322	0.775	1.733	1.121	0.668
Na	5.713	5.936	6.229	6.248	6.129	6.045
F	7.913	7.750	8.447	8.373	8.193	8.302
0(calc.)	24.748	25.378	24.986	24.707	24.804	25.002
Total	100.608	102.325	101.874	101.496	100.758	101.080
Atom numbers(Si+Ti+Zr+Ta+Nb=2.000)						
Si	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006	0.021
Ti	0.065	0.048	0.064	0.045	0.093	0.112
Zr	0.003	0.001	0.007	0.000	0.002	0.002
Ta	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb	1.930	1.948	1.927	1.951	1.899	1.865
B site	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ce	0.014	0.014	0.004	0.009	0.010	0.011
Nd	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
Ca	0.884	0.918	1.040	0.957	0.998	1.025
Sr	0.076	0.054	0.032	0.073	0.047	0.028
Na	0.906	0.928	0.993	1.005	0.982	0.957
A site	1.881	1.917	2.071	2.047	2.038	2.022
F	1.519	1.466	1.630	1.630	1.588	1.590
0(calc.)	5.641	5.702	5.726	5.710	5.709	5.687
Total	102.325	102.325	101.874	101.496	100.758	101.080

Composition of pyrochlore, assuming A2B2O6F as the formula.
The rock codes are same as in the appendices of B-1.

表 II - 1 - 4 オレンジ地域の酸素及び炭素同位体比測定結果一覧表

Sp.No.	Rock Name	Rock Code	$\delta^{13}\text{CPDB} (\%)$		$\delta^{18}\text{OSMOW} (\%)$	
			Calcite	Dolomite	Calcite	Dolomite
Da415	Beforsite	Mcb1	-3.7	-3.5	8.6	8.7
E 510	Beforsite	Mcd	-3.4	-3.2	13.5	11.2
Eb523	Beforsite	Mcb1	-4.4	-4.4	8.7	8.5
Fc710	Beforsite	Mcb1	-4.1	-3.9	10.5	9.8
Kc725	Beforsite	Mcb2	-5.0	-4.9	8.0	8.1
L 715	Beforsite	Mcb2	-4.9	-4.8	8.5	8.4
La200A	Beforsite / sovite	Mcd	-5.9	-5.0	7.5	9.5
Ma225	Sovite	Mcs	-5.5	-4.7	6.5	7.7
T 1A	Beforsite, An	Mcd	-4.3	-5.4	14.5	8.7
T 9A	Sovite	Mcs	-5.9	-5.4	6.5	8.3

The rock codes are same as in the Appendices of B - 1 .

表II-1-5 オレンジ地域の年代測定結果一覧表

Sample No.	Mineral	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{209}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}(2\sigma)$	Accepted age(m.y.)
Fb315	Galena in Mcb1	38.286 (0.0548)	15.648 (0.0141)	18.139 (0.039)	2.0900 (0.0021)	0.8542 (0.0013)	329

Average values of two grains analyses.

The σ is a standard deviation.

表Ⅱ-1-6 MQCの各岩相の鉱物組み合わせ

	Syenite Body		Sovite-syenite Body			Beforsite Body			
	Msw	Msp	Mcs	Msr	Msu	Mcb1	Mcb2	Mfn	Med
Quartz									
Plagioclase									
Albite									
K-feldspar									
Anorthoclase									
Nepheline									
Canerinite									
Melilite									
Garnet									
Sodalite									
Analcime									
Olivine									
Aegirne									
Aegirine-augite									
Clinopyroxene									
Hornblende									
Riebeckite									
Gedrite									
Biotite									
Phlogopite									
Calcite									
Dolomite									
Ankerite									
Kutnahorite									
Siderite									
Magnesite									
Strontianite									
Barytocalcite									
Apatite									
Sphene									
Perovskite									
Rutile									
Zircon									
Garnet									
Fluorite									
Barite									
Magnetite									
Hematite									
Pyrite									
Epidote									
Allanite									
Sericite									
chlorite									
Kaolinite									
Serpentine									
Talc									
Goethite									
Pyrochlore									
Bastnaesite									

Beforsite(Mcb) is subdivided in to the Central beforsite(Mcb1) and the Northeast beforsite(Mcb2). Other rock codes are same as in the appendices of B-1.

表 II - 1 - 7 地化学分析の各元素の分析方法, 検出限界及び精度

1) Whole rock analysis

Elements(as oxides)	Analytical method ¹⁾	Analytical accuracies detection Limit
SiO ₂	GA	0.01 %
TiO ₂	ICP	0.01 %
Al ₂ O ₃	ICP	0.01 %
Fe ₂ O ₃	AAS	0.01 %
FeO	KMnO ₄ Titration	0.01 %
MnO	AAS	0.01 %
MgO	AAS	0.01 %
CaO	AAS	0.01 %
Na ₂ O	AAS	0.01 %
K ₂ O	AAS	0.01 %
P ₂ O ₅	AAS	0.01 %
LOI	GM	0.01 %

2) Geochemical analysis

Elements	Analytical method ¹⁾	Analytical accuracies detection limit
La	ICP	1 ppm
Ge	ICP	2 ppm
Nd	ICP	5 ppm
Sm	ICP	0.1 ppm
Eu	ICP	0.5 ppm
Tb	ICP	0.1 ppm
Yb	ICP	0.1 ppm
Lu	ICP	0.1 ppm
Sc	ICP	0.5 ppm
Y	ICP	1 ppm
U	ICP-MASS	1 ppm
Th	ICP-MASS	1 ppm
Nb	ICP	2 ppm
Ta	ICP	2 ppm
Zr	ICP	3 ppm
Fe	ICP	0.01 %
Mn	ICP	5 ppm
Sr	ICP	1 ppm
P	ICP	100 ppm

- 1) GA: gravimetric analysis
 AAS: atomic absorption analysis
 ICP: inductivity coupled plasma
 ICP-MASS: mass spectrometry of ICP

表 II-1-8 オレンジ地域の地化学分析値基本統計値一覽表

Rock code	Nos.	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Sc	Y	U	Th	Nb	Ta	Zr	Hf	P	Fe	Fe %	
Maximum contents																					
Mgr	5	280	1062	357	159.6	52.9	30.3	54.4	7.6	1.7	860	17	294	214	26	220	1188	1270	40400	5.06	2480
Mcd	10	10225	9218	2905	484.4	109.0	15.3	11.0	1.3	19.6	119	26	716	848	73	113	37700	13300	5370	8.61	21657
Mfn	16	2376	3263	1330	282.9	57.5	21.0	3.5	0.5	12.3	61	21	310	539	38	1110	7464	4774	8116	8.42	8373
Mcb1	392	9385	12082	3192	563.6	107.5	21.0	3.7	0.4	39.1	130	75	666	6611	48	1130	76444	20880	20583	12.90	32716
Mcb2	151	8590	11633	2041	271.3	41.5	12.4	12.1	1.4	22.1	240	28	225	15468	67	15468	22060	34175	9.73	27224	
Msu & Msr	57	897	1390	870	145.7	31.3	9.2	9.3	1.1	66.2	176	210	156	5389	137	1620	8678	9660	14024	10.44	4218
Mcs	54	275	2121	663	175.2	34.6	9.3	10.4	1.4	7.0	134	268	90	8770	67	857	10154	15840	22120	6.64	5500
Msp & Msw	43	4	749	428	117.6	87.9	30.3	84.5	11.0	10.0	1280	286	332	3170	16	700	2530	3540	87400	4.76	2763
Msh	14	4	1594	405	105.2	39.9	14.4	13.7	1.2	66.1	466	38	119	822	8	631	9090	1700	12900	12.50	3862
Mgn	70	4	526	173	45.0	14.0	7.2	8.4	1.0	66.4	190	31	141	952	31	907	10921	4462	18240	18.30	1345
Minimum contents																					
Mgr	5	47	59	17	3.6	0.6	0.8	0.7	< 0.1	< 0.5	3	< 1	5	10	< 2	< 3	28	15	< 100	0.14	157
Mcd	10	46	426	143	39.2	10.3	3.8	2.3	0.2	< 0.5	40	< 1	< 1	5	< 2	< 3	5880	1130	149	1.44	1109
Mfn	16	53	30	13	3.0	< 0.5	0.6	0.9	< 0.1	< 0.5	4	< 1	5	45	< 2	< 3	121	6	< 100	1.30	88
Mcb1	392	7	18	8	1.6	< 0.5	0.4	0.3	< 0.1	< 0.5	< 1	< 1	< 1	< 2	< 2	< 3	100	820	< 100	0.40	58
Mcb2	151	4	13	7	2.0	< 0.5	0.5	0.6	< 0.1	< 0.5	7	< 1	< 1	< 2	< 2	< 3	1450	269	< 100	1.29	51
Msu & Msr	57	11	9	5	2.1	0.9	0.5	0.4	< 0.1	< 0.5	< 1	< 1	< 1	< 4	< 2	< 3	783	1640	< 100	0.22	341
Mcs	54	2	126	42	10.0	2.9	1.1	1.1	0.2	< 0.5	17	< 1	< 1	< 2	< 2	< 4	47	139	228	0.07	66
Msp & Msw	43	1	23	8	1.8	0.9	0.5	0.5	< 0.1	< 0.5	3	< 1	< 4	< 2	< 2	< 8	210	57	134	0.53	121
Msh	14	2	46	13	1.6	0.8	0.5	0.4	< 0.1	< 0.5	4	< 1	2	22	< 2	< 3	171	6	< 100	0.32	38
Mgn	70	1	8	6	2.1	< 0.5	0.4	0.5	< 0.1	< 0.5	2	< 1	< 1	< 2	< 2	< 3	171	6	< 100	0.32	38
Arithmetic average																					
Mgr	5	179	437	153	41.6	12.92	6.98	13.02	1.82	0.74	187.4	5.20	81.2	110.6	6.80	71.2	458	447	9230	2.19	1157
Mcd	10	2153	4186	1304	193.7	43.85	9.82	4.92	0.59	6.86	72.8	10.50	233.2	239.7	11.70	19.6	12958	7969	2088	5.74	9872
Mfn	16	203	359	149	31.9	7.18	2.33	1.89	0.27	4.55	24.1	8.25	37.3	293.4	11.63	241.2	2468	1420	2668	4.62	966
Mcb1	392	487	646	174	27.8	5.48	1.70	0.90	0.12	4.92	12.3	4.48	33.5	865.2	3.43	16.5	7021	5372	854	4.42	1665
Mcb2	151	290	469	177	33.1	7.73	3.25	2.02	0.25	2.60	36.1	3.17	18.4	1238.0	4.06	4.8	7290	6279	8640	3.73	1253
Msu & Msr	57	179	254	112	21.1	5.18	2.14	1.97	0.25	3.44	24.5	18.74	26.3	761.2	18.84	311.8	1966	1724	2838	3.50	790
Mcs	54	227	383	132	28.1	7.96	3.27	4.06	0.52	1.22	61.2	20.07	12.0	608.1	8.59	105.5	2334	4931	5007	1.73	1030
Msp & Msw	43	82	143	50	10.7	4.20	1.87	3.24	0.44	1.10	47.1	37.09	23.1	547.4	5.12	158.9	1125	1399	3561	2.47	392
Msh	14	173	289	110	23.7	8.36	3.84	4.25	0.48	13.49	92.7	8.07	29.1	160.9	3.50	130.4	1813	522	2577	4.78	821
Mgn	70	62	110	38	7.9	1.96	1.36	2.12	0.31	9.28	23.9	5.20	20.7	92.6	3.37	156.9	1136	354	1087	3.15	296
Geometric average																					
Mgr	5	132	271	90	16.4	3.97	2.16	3.51	0.47	0.64	32.2	3.07	29.4	69.1	3.34	20.2	172	1082	1082	1.34	722
Mcd	10	1569	3151	898	136.6	31.52	8.97	4.20	0.49	4.61	68.6	5.02	85.5	92.7	5.40	7.7	10195	5950	1101	5.18	7851
Mfn	16	92	153	61	13.3	3.18	1.64	1.74	0.24	2.62	18.5	5.52	17.3	233.5	7.27	81.4	1696	705	1337	4.13	439
Mcb1	392	167	259	75	12.3	2.72	1.18	0.83	0.11	4.34	9.6	2.71	14.3	300.8	2.52	4.0	6340	5180	194	4.13	662
Mcb2	151	150	271	116	23.0	5.53	2.60	1.65	0.20	1.69	28.2	1.69	7.9	632.6	2.69	3.8	7008	5072	4365	3.50	757
Msu & Msr	57	87	141	53	11.0	2.95	1.46	1.45	0.20	1.27	14.7	8.45	15.3	370.9	11.25	137.9	1417	1033	1292	3.19	401
Mcs	54	201	346	119	24.6	7.16	3.01	3.75	0.47	0.83	57.1	5.89	6.3	164.5	3.95	22.5	1824	4445	2505	1.32	920
Msp & Msw	43	64	101	34	6.9	1.95	1.18	1.28	0.19	0.78	15.2	16.85	13.8	279.8	4.05	81.4	972	1107	1253	2.03	281
Msh	14	100	172	65	12.5	3.86	2.30	2.90	0.35	5.00	41.6	3.93	13.7	78.8	2.94	65.4	1144	350	1189	3.37	485
Mgn	70	52	86	30	6.4	1.51	1.18	1.79	0.26	5.94	16.0	3.24	14.0	45.9	2.47	89.5	231	572	572	2.27	242

Beforsite (Mcb) is subdivided into the Central beforosite (Mcb1) and the Northeast beforosite (Mcb2). Other rock codes are same as in the appendices of B-1.

第2章 ボーリング調査

2-1 調査方法

2-1-1 調査概要

第1年次の既存データ解析及び地化学探査の結果、オレンジ地区カーボナタイト複合岩体のうち、特にペフォルサイト岩体中に、希土類元素やニオブ、リンなどの濃集が明らかになった。本調査は、このペフォルサイト岩体中の上記元素等の地下深部への賦存状況や連続性を把握するため、ボーリング調査を実施した。

ボーリング位置図(図II-2-1)に示すとおり、ペフォルサイト中央岩体(Mcb1)で5孔(MJNO-1, 2, 3, 4, 5)、ペフォルサイト北東岩体(Mcb2)で3孔(MJNO-6, 7, 8)のボーリングを垂直掘で実施した。掘進長はすべて150mである。

ボーリング作業はナミビアの業者を用いて実施し、これをボーリング技術者が監理した。地質担当者はコア鑑定及び付近の地質調査を実施した。ボーリング結果は地化学探査とともに総合検討した。

コア鑑定は縮尺200分の1柱状図にまとめ、希土類元素などが濃集するペフォルサイト部では、原則として5m間隔のサンプリングを行い、地化学分析(19成分)と全岩分析(12成分)を行った。しかし、ペフォルサイトの産状に変化の見られる部分では、産状に応じてサンプリング間隔を縮めた。また、代表的な岩石や硫化鉱物などが濃集する箇所は、鉱石研磨薄片を作成し、顕微鏡観察を行い、さらにX線分析を実施した。希土類元素やニオブなどを含む有用鉱物は、EPMAにより定量分析した。また、酸素及び炭素同位体比によりカーボナタイト複合岩体の産状を解析した。

なお、調査内容は表I-1-1に示すとおりである。

2-1-2 工法及び使用機材

本調査の掘削作業は、ナミビア国内のボーリング会社(ROSOND EXPLORATION PTY LIMITED社)が実施した。ボーリング機械やビット類、泥材、切削油、セメントなどの消耗品類は、ナミビアと南アフリカで調達された。

ボーリング調査は最終口径をBQとするワイヤーライン工法を採用した。調査にはロングイヤー38型(Long Year-38)などのボーリング機械4台(うち2台は予備)を使用した。

破砕帯、逸水帯におけるボーリングコア採取率の向上を図るため、ケーシングパイプやベントナイト、セメントを適宜使用した。また、ボーリング孔MJNO-2は崩壊が激しいため、ベントナイトのほかC.M.C.も使用した。本調査に使用した主要機材及び消耗品などを表II-2-1~表II-2-3に示す。また、表II-2-4に工事工程表を、表II-2-5に掘進実績表を示す。

2-1-3 ボーリング作業

1. 設営作業

主要機械・消耗資材は大型トラックでウインドフック~オレンジ地区間を運搬した。ボーリング

位置は既成道路から離れた山の傾斜地であるため、ボーリング機材の移設・撤収にはヘリコプターを使用した。ヘリコプター作業には細心の注意を払い、強風の日などは作業を見合わせた。ヘリコプター会社は南アフリカ、ケープタウンのNational Airway Corporation Western Capeである。

ボーリング基地造成、ヘリポートの造成や道路補修はすべて人力で行った。その他の基地は簡単な作業で用地を確保した。

ボーリング終了後、主要機械と資材は大型トラックでROSOND社の修理工場に運ばれ、点検・整備を受けた。採取した全ボーリングコアは、上下・深度を明確にしてコア箱に収納して、ナミビア地質調査所倉庫に保管した。

2. 作業体制

作業は現地責任者1名、掘削主任1名に下に、掘削クルー3班と用水運搬クルー2班が配置する体制で実施した。掘削クルーの1班は機長1名と作業員4名で、用水運搬クルーの1班は運転手1名と作業員1名で、それぞれ構成された。作業時間は通常、11時間/日であり、調査後半では工程通りの進捗を保つために2交代制を実施した。

作業員の宿舎はボーリング基地近くに設置した。

3. ボーリング用水

ボーリング基地周辺には用水になる水源がなく、調査地区から30Km離れたオレンジ川から3m³タンク搭載の4トントラック2台でピストン輸送を行った。

2-1-4 掘進状況

1. MJNO-1

0.0m~3.0mはNXCで、3.0m~51.1mはNQ-WLで、51.1m~150.4mはBQ-WLで掘進した。掘進作業中は、逸水及び崩壊等もなく終始順調に進んだ。掘進能率は23.14m/日、コア採取率は99.93%であった。

2. MJNO-2

0.0m~8.0mはNXCで、8.0m~32.0mはNQ-WLで、32.0m~150.4mはBQ-WLで掘進した。BQ掘削中は34.4mで全量逸水に遭遇した。40.82mまでは掘削後逸水対策としてセメンチングを実施した。その後NQで42.5mまで拡孔・掘削し、BXケーシングを挿入した。BQ掘削中に46mで再度全量逸水に遭遇した。51.9mまで掘削後、BXケーシングを51.9mまで挿入したが、逸水は止まらず、そのまま逸水掘りをした。深度52m~75m間で崩壊が発生したため、BXケーシングで78mまで拡孔した。ケーシング挿入後も逸水は止まらず、150.4mまで逸水掘りを行った。掘進能率は11.14m/日、コア採取率51.60%であった。

3. MJNO-3

0.0m~5.7mはNXCで、5.7m~35.4mはNQ-WLで、35.4m~150.30mはBQ-WLで掘進した。本孔は逸水が

激しく、深度34.0m, 36.0m, 57.7m, 104.0mでそれぞれ全量逸水に遭遇した。セメンチングにより逸水は回復した。掘進能率は12.53m/日, コア採取率は99.55%であった。

4. MJNO-4

0.0m~3.5mはNXC, 3.5m~50.3mはNQ-WL, 50.3m~150.2mはBQ-WLで掘進した。掘進作業中は逸水及び崩壊などがなく、終始順調に進んだ。掘進能率は30.05m/日, コア採取率は99.78%であった。

5. MJNO-5

0.0m~3.1mはNXC, 3.1m~51.3mはNQ-WL, 51.3m~150.3mはBQ-WLで掘進した。掘進作業中は、逸水及び崩壊などがなく、終始順調に進んだ。掘進能率は16.71m/日, コア採取率は95.76%であった。

6. MJNO-6

0.0m~4.2mはNXC, 4.2m~19.2mはNQ-WL, 19.2m~150.5mはBQ-WLで掘進した。掘進作業中は、逸水及び崩壊などがなく、終始順調に進んだ。本孔は、工程通りの進捗を保つために2交代制を実施した。掘進能率は11.15m/日, コア採取率は99.27%であった。

7. MJNO-7

0.0m~3.0mはNXC, 3.0m~21.0mはNQ-WL, 21.0m~150.5mはBQ-WLで掘進した。掘進作業中は、逸水及び崩壊などがなく終始順調に進んだ。掘進能率は11.15m/日, コア採取率は99.80%であった。

8. MJNO-8

0.0m~3.4mはNXC, 3.4m~20.0mはNQ-WL, 20.0m~150.4mはBQ-WLで掘進した。掘進作業中は逸水及び崩壊などがなく、終始順調に進んだ。掘進能率は11.14m/日, コア採取率は99.73%であった。

2-2 調査結果

2-2-1 地質・鉱化

ボーリング柱状図を巻末資料B-6に、ボーリング地質断面図を図II-2-2に示す。また、岩石研磨薄片鑑定結果を表II-2-6に、X線回折試験結果を表II-2-7に、EPMA定量分析結果を表II-2-8に、酸素及び酸素同位体比測定結果を表II-2-9に示す。

1. MJNO-1

0.0~6.5mは風化した淡茶灰色ペフォルサイトからなる。

6.5~35.0mは新鮮な淡灰色ペフォルサイトからなる。このうち24.5~28.0mは褐色鉱物(金雲母)に富み、30.4~31.4mは鉱染状黄鉄鉱に富む。縞状構造($\angle 60\sim 70^\circ$)が認められる。

35.0~40.5mは割れ目が発達しているため、風化した淡茶灰色ペフォルサイトからなる。

40.5~52.0mは新鮮な淡灰色ベフォルサイトからなる。このうち40.5~42.0mや48.0~50.6mは黒色鉄酸化物や褐色鉱物に富む。縞状構造($\angle 60^\circ$)が認められる。

52.0~109.6mは淡灰色アルコースからなる。このうち、52.0~81.5mのアルコースは角礫化して、基質はベフォルサイトからなる。ベフォルサイトには褐色鉱物(金雲母)を伴う場合がある。

109.6~150.4mは淡灰色の炭酸塩鉱物化した閃長岩を主とし、これを淡灰色方解石が脈状ないし網状に交代している。

全岩化学分析値から計算したノルム鉱物とそのノルム(平均値)は磁鉄鉱(2.39%), 赤鉄鉱(0.51%), ルチル(0.28%), 燐灰石(5.20%), フォルステライト(0.26%), ファヤライト(0.86%), 方解石(48.67%), 菱苦土石(13.62%), 菱鉄鉱(4.56%), スترونチアナイト(1.15%)である。

顕微鏡下では25.0m試料(IT-2)から黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱が, 131.5m(IT-4)から黄鉄鉱が認められた。

方解石と苦灰石の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$)はそれぞれ, -4.6パーミル, -4.7パーミルであり, 酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$)はそれぞれ, 8.0パーミル, 8.5パーミルである。 $\delta^{13}\text{C}$ は苦灰石より方解石で富み, $\delta^{18}\text{O}$ は方解石より苦灰石で富む。

2. MJNO-2

0.0~9.0mは風化した褐色のアンケライト質ベフォルサイトからなる。風化により鉄水酸化物(針鉄鉱)が生成している。

9.0~71.5mは風化した茶灰色のベフォルサイトからなる。このうち31.0~49.0mは黒色鉄酸化物や淡緑色鉱物に富む。

71.5~77.5mは褐色のアンケライト質ベフォルサイトからなる。

77.5~136.0mは破碎された灰色ベフォルサイトからなる。モンモリロナイトや鉄酸化物や金雲母, 白雲母を多く含む。

136.0~150.4mは淡灰色粗面岩からなる。変質を被り珪化している。

ノルム鉱物とそのノルム(平均値)は磁鉄鉱(5.23%), 赤鉄鉱(3.80%), ルチル(0.07%), 燐灰石(3.04%), フォルステライト(6.68%), ファヤライト(0.34%), 方解石(46.60%), 菱苦土石(24.19%), 菱鉄鉱(0.73%), スترونチアナイト(1.07%)である。

3. MJNO-3

0.0~4.5mは風化した淡褐色のベフォルサイトからなる。

4.5~9.4mは褐色のアンケライト質ベフォルサイトからなる。

9.4~25.4mは淡灰色ベフォルサイトからなる。黄鉄鉱, 白鉄鉱, 磁硫鉄鉱などの硫化鉱物や磁鉄鉱に富む。一部に黒褐色で金雲母, アンケライトや菱苦土石濃集部を伴う。

25.4~27.3mは風化した, 淡茶灰色のベフォルサイトからなる。

27.3~30.3mは淡灰色の硫化鉱物に富むベフォルサイトからなる。

30.3~46.0mは風化した淡褐色のベフォルサイトからなる。

46.0~98.2mは黄鉄鉱，白鉄鉱，磁硫鉄鉱などの硫化鉱物や，黒色鉄酸化物に富む淡灰色ベフォルサイトを主とすが，破碎質な部分は風化作用を被り，鉄水酸化物に富む淡茶灰色のベフォルサイトからなる。縞状構造($\angle 70\sim 80^\circ$)が認められる。

98.2~106.9mは淡茶灰色のベフォルサイトからなる。黒色の鉄酸化物に富む。

106.9~112.0mは褐色アンケライト質ベフォルサイトからなる。

112.0~150.3mは淡茶褐色ベフォルサイトからなり，硫化鉱物や黒色鉄酸化物や針鉄鉱を伴う。

ノルム鉱物とそのノルム(平均値)は磁鉄鉱(3.14%)，赤鉄鉱(0.08%)，ルチル(0.01%)，磷灰石(0.02%)，フォルステライト(0.03%)，ファヤライト(0.59%)，方解石(56.50%)，菱苦土石(34.85%)，菱鉄鉱(1.81%)，ストロンチアナイト(1.96%)である。

顕微鏡下では70.0m試料(3T-4)からパイロクロアが認められた。

EPMA定量分析によれば，このパイロクロアは $(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Nb})_2\text{O}_6(\text{F})$ の組成を持つ。Na:Caの原子数比(Atomic Ratio)は，ほぼ1:1である。

方解石と苦灰石の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$)はそれぞれ， $-4.0\sim -4.6$ パーミル， $-4.0\sim -4.5$ パーミルであり，酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$)はそれぞれ， $8.2\sim 8.5$ パーミル， $8.2\sim 8.5$ パーミルである。 $\delta^{13}\text{C}$ は苦灰石と方解石でほぼ同じか，苦灰石でわずかに富む。 $\delta^{18}\text{O}$ は方解石と苦灰石で同程度である。同位体比試料は深度別に採取しており，深所ではわずかに $\delta^{13}\text{C}$ に富み， $\delta^{18}\text{O}$ に乏しくなる傾向が認められる。

4. MJNO-4

0.0~14.3mは風化した淡褐色のベフォルサイトからなる。

14.3~45.0mは新鮮な淡灰色のベフォルサイトからなる。黄鉄鉱，白鉄鉱や磁硫鉄鉱などの硫化鉱物の富む部分と，金雲母，黒色鉄酸化物(磁鉄鉱)に富む部分の繰り返しからなる。縞状構造($\angle 70^\circ$)が認められる。

45.0~143.0mは風化した淡褐色のベフォルサイトと新鮮な淡灰色ベフォルサイトの繰り返しからなる。新鮮なベフォルサイトには硫化鉱物を伴う。

143.0~150.2mは淡灰色ベフォルサイトからなり，金雲母，硫化鉱物(黄鉄鉱)や緑色鉱物(モンモリロナイト)に富む。縞状構造($\angle 60\sim 70^\circ$)が認められる。

ノルム鉱物とそのノルム(平均値)は磁鉄鉱(0.51%)，赤鉄鉱(0.02%)，ルチル(0.04%)，磷灰石(0.64%)，フォルステライト(0.97%)，ファヤライト(2.74%)，方解石(53.45%)，菱苦土石(35.27%)，菱鉄鉱(3.67%)，ストロンチアナイト(1.09%)である。

方解石と苦灰石の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$)は，ともに -3.7 パーミルであり，酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$)は，ともに 8.8 パーミルである。

5. MJNO-5

0.0~24.0mは一部風化した茶灰色~灰色のペフォルサイトからなる。暗緑色角礫岩片を伴う。

24.3~34.0mは新鮮な淡灰色ペフォルサイトからなる。暗緑色~淡緑色鉱物（アルカリ角閃石），褐色鉱物（金雲母）や黄褐色鉱物に富む。

34.0~39.0mは暗緑色粗粒玄武岩貫入岩からなる。緑泥石や白雲母を含み，方解石細脈を伴う。

39.0~59.7mは淡灰色ペフォルサイトからなる。暗緑色~淡緑色鉱物（アンチゴライト），褐色鉱物（金雲母），黄褐色鉱物や黒色鉄酸化物（磁鉄鉱）に富む。縞状構造（ $\angle 70^\circ$ ）が認められる。

59.7~83.8mは淡灰色ペフォルサイトからなる。黒色鉄酸化物に富み，硫化鉱物や暗緑色鉱物（アンチゴライト）を伴う。縞状構造（ $\angle 60\sim 70^\circ$ ）が認められる。

83.8~105.1mは黄鉄鉱，白鉄鉱，磁硫鉄鉱などの硫化鉱物に富む淡灰色ペフォルサイトからなる。

86.2~88.7mには黒色鉄酸化物も多く含む。縞状構造（ $\angle 0^\circ$ ）が認められる。

105.1~108.4mは変成を被った暗緑色の閃長岩岩片からなる。

108.4~150.3mは淡灰色の微晶花崗岩貫入岩からなる。変成を被り，硫化鉱物や黒色鉄酸化物を伴う。

ノルム鉱物とそのノルム（平均値）は磁鉄鉱(2.89%)，赤鉄鉱(0.00%)，ルチル(0.02%)，燐灰石(0.74%)，フォルステライト(10.30%)，ファヤライト(4.90%)，方解石(47.21%)，菱苦土石(30.87%)，菱鉄鉱(0.14%)，ストロンチアナイト(1.03%)である。

顕微鏡下では88.5m試料(5T-1)から黄鉄鉱，磁鉄鉱，白鉄鉱，閃亜鉛鉱が，96.1m(5T-2)から黄鉄鉱，磁鉄鉱が認められた。

6. MJNO-6

0.0~3.8mは風化した茶灰色のペフォルサイトからなる。

3.8~41.0mは新鮮な淡灰色ペフォルサイトからなる。黄鉄鉱などの硫化鉱物に富み，鉄酸化物も伴う。縞状構造（ $\angle 60\sim 70^\circ$ ）が認められる。

41.0~53.0mは淡灰色ペフォルサイトからなる。褐色鉱物（金雲母）に富み，黒色鉄酸化物，白鉄鉱などの硫化鉱物や淡緑色鉱物（緑泥石）を伴う。アンケライト，カリ長石や白雲母の濃集部を伴う。

53.0~73.0mは淡灰色ペフォルサイトからなる。白鉄鉱などの硫化鉱物に富み，黒色鉄酸化物を伴う。縞状構造（ $\angle 60\sim 70^\circ$ ）が認められる。

73.0~77.0mは淡灰色ペフォルサイトからなる。緑色鉱物や褐色鉱物（金雲母）に富み，黒色鉄酸化物や淡緑色鉱物（緑泥石）を伴う。

77.0~85.5mは淡灰色ペフォルサイトからなる。黄鉄鉱などの硫化鉱物や黒色鉄酸化物を伴う。

85.5~88.0mは淡灰色ペフォルサイトからなる。緑色鉱物や褐色鉱物（金雲母）に富み，黒色鉄酸化物や淡緑色鉱物（緑泥石）を伴う。

88.0~101.0mは淡灰色ペフォルサイトからなる。黄鉄鉱などの硫化鉱物に富み，黒色鉄酸化物を伴う。縞状構造（ $\angle 60^\circ$ ）が認められる。

101.0~147.2mは淡灰色のベフォルサイトからなり、淡緑色燐灰石に富む。褐色鉱物（金雲母）、暗緑色鉱物や磁硫鉄鉱などの硫化鉱物を伴う。縞状構造（ $\angle 60^\circ$ ）が認められる。また、この区間の6カ所に渡って幅1~4mの黒色粗粒玄武岩貫入岩を伴う。一部は石英・曹長石細脈で切られる。

147.2~150.5mは淡灰色閃長岩からなる。変成を被り、褐色鉱物（金雲母）や硫化鉱物を伴う。縞状構造（ $\angle 60\sim 70^\circ$ ）が認められる。

ノルム鉱物とそのノルム（平均値）は磁鉄鉱(0.91%)、赤鉄鉱(0.02%)、ルチル(0.04%)、燐灰石(3.94%)、フォルステライト(0.02%)、ファヤライト(2.52%)、方解石(56.28%)、菱苦土石(27.29%)、菱鉄鉱(2.15%)、ストロンチアナイト(1.93%)である。

方解石と苦灰石の炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ）は、ともに-4.9パーミルであり、酸素同位体比（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ）は、ともに8.3パーミルである。

7. MJNO-7

0.0~2.0mは風化した茶灰色のベフォルサイトからなる。

2.0~24.5mは新鮮な淡灰色ベフォルサイトからなる。黄鉄鉱などの硫化鉱物に富み、黒色鉄酸化物も伴う。縞状構造（ $\angle 50^\circ$ ）が認められる。

24.5~30.5mは黒色粗粒玄武岩貫入岩からなる。

30.5~48.0mは淡灰色ベフォルサイトからなる。黒色鉄酸化物に富み、黄鉄鉱などの硫化鉱物を伴う。

48.0~150.5mは淡灰色のベフォルサイトからなり、淡緑色燐灰石に富む。褐色鉱物（金雲母）、暗緑色鉱物、磁硫鉄鉱などの硫化鉱物、淡緑色鉱物（モンモリロナイト）、カリ長石、曹長石を伴う。縞状構造（ $\angle 60\sim 65^\circ$ ）が認められる。また、この区間の一部では硫化鉱物（磁硫鉄鉱）や角閃石（リーベック閃石）に富む。

ノルム鉱物とそのノルム（平均値）は磁鉄鉱(0.09%)、赤鉄鉱(0.13%)、ルチル(0.01%)、燐灰石(6.63%)、フォルステライト(0.03%)、ファヤライト(0.41%)、方解石(56.06%)、菱苦土石(31.26%)、菱鉄鉱(3.12%)、ストロンチアナイト(1.26%)である。

顕微鏡下では21.0m試料(7T-1)から黄鉄鉱、磁鉄鉱が、46.0m試料(7T-2)からパイロクロアが認められた。

EPMA定量分析によれば、このパイロクロアは $(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Nb})_2\text{O}_6(\text{F})$ の組成を持つ。Na:Caの原子数比(Atomic Ratio)は、ほぼ1:1である。

方解石と苦灰石の炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ）は、それぞれ-4.7パーミル、-4.8パーミルであり、酸素同位体比（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ）は、ともに8.2パーミルである。

8. MJNO-8

0.0~4.0mは風化した茶灰色のベフォルサイトからなる。

4.0~12.2mは変成作用を被った暗緑色の粘板岩岩片からなる。

12.2~17.0mは新鮮な淡灰色ベフォルサイトからなる。黄鉄鉱などの硫化鉱物を伴う。縞状構造（ \angle

0°)が認められる。

17.0~27.3mは変成作用を被った灰黒色の角礫化した粘板岩巨礫からなる。基質は淡灰色ペフォルサイトからなる。褐色鉱物(金雲母), 暗緑色鉱物(リーベック閃石)に富み, 黄鉄鉱などの硫化鉱物を伴う。

27.3~62.5mは淡灰色ペフォルサイトからなる。褐色鉱物(金雲母), 暗緑色鉱物(リーベック閃石)に富み, 黄鉄鉱などの硫化鉱物を伴う。56.5~61.5m区間では黒色~暗緑色の粗粒玄武岩で貫かれる。縞状構造(∠60°)が認められる。

62.5~137.5mは淡灰色ペフォルサイトからなる。淡緑色燐灰石に富み, 褐色鉱物(金雲母), 暗緑色鉱物(リーベック閃石), 黒色鉄酸化物や黄鉄鉱などの硫化鉱物を伴う。一部区間では金雲母, リーベック閃石に富む。

137.5~145.5mは淡灰色の粗面岩貫入岩からなる。

145.5~150.4mは淡灰色のペフォルサイトからなる。褐色鉱物(金雲母), 暗緑色鉱物(リーベック閃石)に富む。縞状構造(∠60°)が認められる。

ノルム鉱物とそのノルム(平均値)は磁鉄鉱(0.23%), 赤鉄鉱(0.02%), ルチル(0.04%), 燐灰石(4.85%), フォルステライト(5.37%), ファヤライト(2.74%), 方解石(48.27%), 菱苦土石(28.73%), 菱鉄鉱(1.92%), スترونチアナイト(1.09%)である。

顕微鏡下では, 15.0m試料(8T-1)から黄鉄鉱, 硫砒鉄鉱, 磁鉄鉱, 閃亜鉛鉱が認められた。

方解石と苦灰石の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$)は, ともに-4.7パーミルであり, 酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$)は, ともに8.2パーミルである。

2-2-2 コアによる地化学探査

地化学分析結果を巻末資料B-3に, これら分析値の基本統計量を表II-2-10に, 度数分布図及び累積度数分布図を巻末資料B-4に, 散布図を巻末資料B-5に示す。また, 地化学探査解析結果を図II-2-3に示す。地化学分析の元素はLa, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Sc, Y, U, Th, Nb, Ta, Zr, Fe, Mn, Sr, Pの19成分である。

1. 希土類元素(La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb及びLu)

希土類元素は高濃度順に表すとLa, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Luとなり, 地表の傾向と同じである。これら元素の平均濃度は, MJNO-1のCeが1,155ppmである以外は, すべて1,000ppm以下である。これら元素のうち高濃度のもはMJNO-1で認められ, La10,930ppm, Ce10,023ppmを示すが, 連続性はない。希土類酸化物(R2O3)は, NJNO-1で平均3,000ppmを越えるが, その他の孔では1,000ppm以下である。

希土類元素はペフォルサイト中央岩体(Mcb1)及びペフォルサイト北東岩体(Mcb2)で濃度が高く, 周辺岩石では低い。しかし, 周辺岩石でもペフォルサイトの細脈で交代されているところは, 部分的に高濃度となっている。

ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)とベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で、希土類酸化物(R2O3)濃度の差を検定したところ、5%の危険率で、両岩体で有意な差は認められなかった。

しかし、ベフォルサイト両岩体に関して、各希土類元素の分布状況をみると、軽希土類元素(La, Ce, Nd)はt検定にれば、5%の危険率で両岩体で差は認められないが、中～重希土類元素(Sm, Eu, Tb, Yb, Lu)は、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)に濃集する。中～重希土類元素で差が現れ、全希土類酸化物で差がないのは、中～重希土類の濃度が軽希土類に較べてかなり低いことによる。

深度的な濃度変化を見ると、各孔とも濃度にバラツキはあるものの、深度方向に増加する傾向は認められない。

2. Sc及びY

Scは各孔とも平均濃度は100ppm以下である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度は47.3 ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度は4.3ppmであり、両岩体で有意な差が認められ、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の方が高濃度である。

Yも各孔とも平均濃度は100ppm以下である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度は10ppm, ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度は35ppmであり、両岩体で有意な差は認められ、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の方が高濃度である。

3. U及びTh

Uは各孔とも平均濃度は100ppm以下である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度は6ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度は3ppmである。両岩体で有意な差が認められ、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の方が高濃度である。

Thも各孔とも平均濃度は100ppm以下である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が24ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が17ppmである。両岩体で有意な差が認められない。

4. Nb及びTa

NbはMJNO-4, 5, 6, 7孔で平均濃度が1,000ppmを越える。その他の孔では500ppm以上である。最高濃度はMJNO-7で5.2%を得たが、深度方向に連続性はない。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が1,111ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が2,073ppmである。両岩体で有意な差が認められない。

Taは各孔とも平均濃度は30ppm以下である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が8ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が2ppmである。両岩体で有意な差が認められ、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の方が高濃度である。

深度的な濃度変化を見ると、各孔とも濃度のバラツキが激しいものの、深度方向に増加する傾向はない。

5. Zr

Zrは平均濃度が3~136ppmの範囲にある。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が20ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が14ppmである。両岩体で有意な差が認められない。

6. Mn

Mnは平均濃度が4,700~7,600ppmの範囲にある。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が6,971ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が6,293ppmである。両岩体で有意な差が認められない。

深度的な濃度変化を見ると, ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)のMJNO-1では浅部で高濃度, 深部で低濃度を示すが, それ以外の孔では濃度にバラツキはあるものの, 深度的な顕著な変化は認められない。他の成分との関係では, Feに富む部分でMnが乏しくなる傾向がある。

7. Sr

Srは平均濃度が3,651~6,329ppmの範囲にある。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が6,329ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が6,249ppmである。両岩体で有意な差が認められない。

深度的な濃度変化を見ると, ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)のMJNO-1とベフォルサイト北東岩体(Mcb2)のMJNO-8が, 濃度分布にバラツキはあるが, 他孔ではバラツキが少なく, 深度的な変化も認められない。

8. P

PはMJNO-3,4では平均濃度が1,000ppm以下であるが, その他の孔では1,000ppm以上である。特に, MJNO-1,7,8で平均濃度が1%を越える, 最高濃度はMJNO-1で7.7%を得たが, 深度方向に連続性はない。

ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が2,602ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が12,224ppmである。両岩体で有意な差が認められ, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の方が高濃度である。

深度的な濃度変化を見ると, ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)のMJNO-1,2,5では濃度変化が激しく, MJNO-3,4ではほとんど高濃度部が認められない。

ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)のMJNO-6,7,8は浅部で低濃度部があるほかは, 高濃度部が連続する。

9. Fe

Feは平均濃度が3.63~6.77%の範囲にある。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の平均濃度が4.49%, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の平均濃度が3.35%である。両岩体で有意な差が認められ, ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の方が高濃度である。

深度的な濃度変化をみると、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)では濃度にバラツキはあるが、深度的に変化は認められない。一方、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)では、深部に向かうに従って低濃度となる傾向にある。

2-3 考 察

ボーリングはベフォルサイト中央岩体(Mcb1)とベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で実施した。ベフォルサイトは主に苦灰石からなるが、ボーリングコア観察による随伴鉱物の特徴から、これを他の随伴鉱物の少ないベフォルサイト、アンケライトに富むベフォルサイト、硫化鉱物に富むベフォルサイト、金雲母に富むベフォルサイト、燐灰石に富むベフォルサイト、及びこれらの風化したベフォルサイトに区分した。

ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の浅部は、風化したベフォルサイトまたはアンケライトに富むベフォルサイトを主とし、深部は鉄酸化物や硫化鉱物に富むベフォルサイトを主とする。

鉄酸化物は磁鉄鉱を主とするが、赤鉄鉱を伴う場合がある。硫化鉱物は黄鉄鉱、白鉄鉱、磁硫鉄鉱を主とし、微量の閃亜鉛鉱や方鉛鉱を随伴する。

ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)の浅部は、風化したベフォルサイトからなるが、この風化帯は薄い。深部では金雲母や燐灰石に富むベフォルサイトからなる。アルカリ角閃石やアルカリ長石、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、磁鉄鉱を伴う場合がある。中央岩体と比較して風化の程度が弱い。

全岩化学分析値に基づいたノルム計算によると、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)はベフォルサイト北東岩体(Mcb2)より磁鉄鉱やフォルステライトに富み、燐灰石に乏しい。この計算結果はコア観察結果と良く対応している。

地化学分析結果から、Sc, U, Ta, Feはベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で富み、YやPはベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で富む。希土類酸化物(R2O3)や、Th, Nb, Zr, Mn, Srは両岩体で同程度である。ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で鉄酸化物に富むこと、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で燐灰石に富むことは、分析結果と一致している。E PMA定量分析によればベフォルサイト中央岩体(Mcb1)及びベフォルサイト中央岩体(Mcb1)のパイクロアは $(\text{Na, Ca})_2(\text{Nb})_2\text{O}_6(\text{F})$ の同様な組成を持ち、Na:Caの原子数比(Atomic Ratio)も、ほぼ1:1である。地表のパイクロアとも化学組成は同一である。

希土類酸化物(R2O3)は、MJNO-1孔で最高2.7%を得たが、深度的な連続性はない。また、MJNO-1で平均が3,000ppmを越えたが、その他の孔では、平均は1,000ppm以下である。ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)とベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で希土類酸化物の濃度に差はない。

しかし、希土類元素の個別の傾向を見ると、軽希土類元素(La, Ce, Nd)はt検定(5%危険率)によれば、ベフォルサイト両岩体で差は認められないが、中～重希土類元素(Eu, Tb, Yb, Lu)はベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で濃集する。

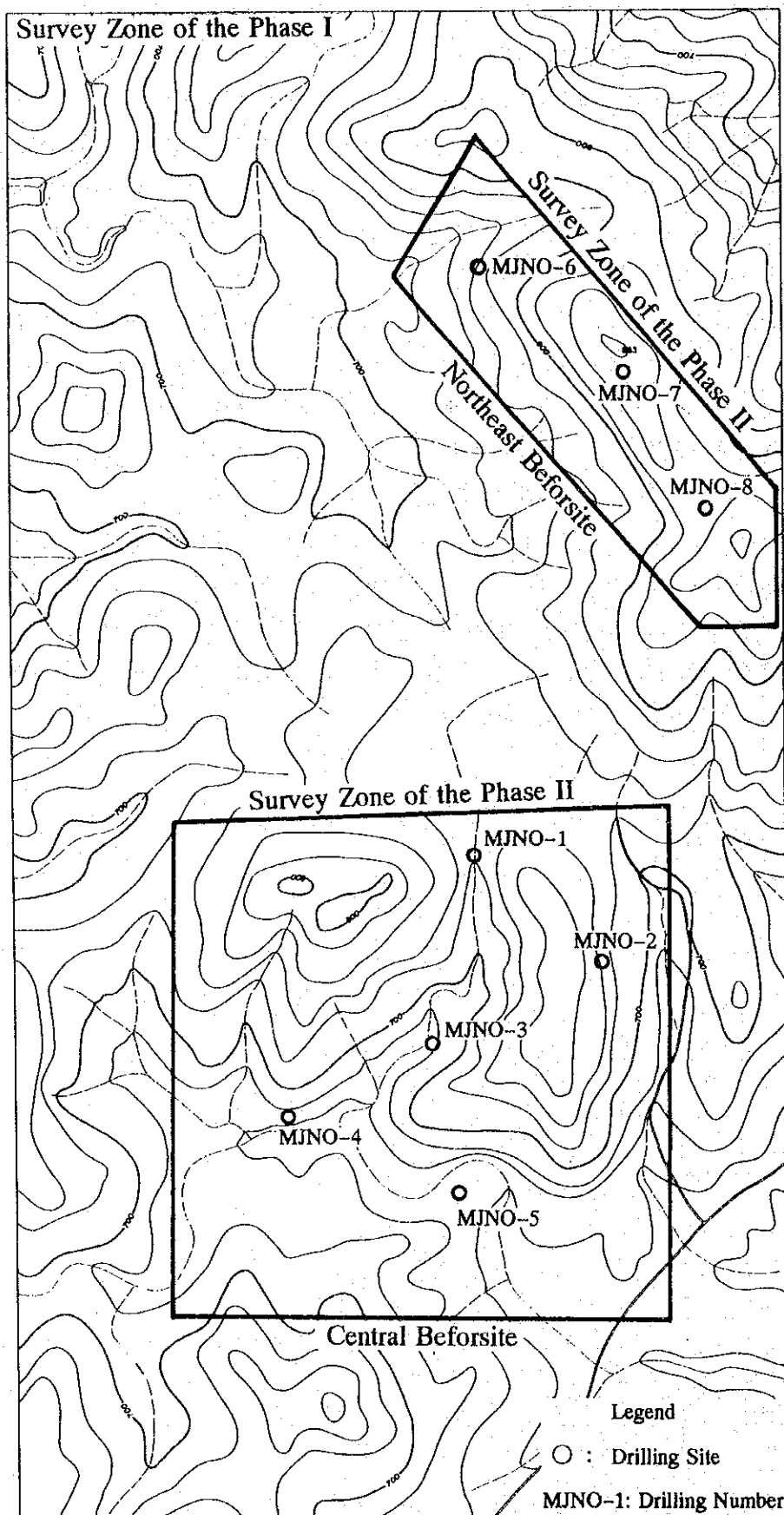
一方、希土類元素パターン(図II-1-9)に基づくモード値から、カーボナタイト岩脈(Mcd)が最も高濃度部に位置し、ソーバイト(Mcs)、ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)の順に低濃度側に位置する。しかし、ベフォルサイト両岩体(Mcb1, Mcb2)は、カーボ

ナタイト岩脈やソバイトより高濃度側に分布するものが多い。従って、希土類の平均濃度はカーボナタイト岩脈、ベフォルサイト両岩体(Mcb1, Mcb2), ソバイトの順に低くなる。

その他の元素で高濃度のもはNb, Sr, Pである。Nbはベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で平均1,042 ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で2,039ppmである。Srはベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で平均5,993ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で6,209ppmである。Pはベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で平均6,257ppm, ベフォルサイト北東岩体(Mcb2)で11,803ppmである。NbやSrは両岩体(Mcb1, Mcb2)で差はないが、Pはベフォルサイト北東岩体(Mcb2)に多い。

酸素及び炭素同位体比によれば、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)では深所で方解石や苦灰石の $\delta^{13}\text{C}$ に富み、 $\delta^{18}\text{O}$ に乏しくなる。ベフォルサイト両岩体(Mcb1, Mcb2)を比較すると、ベフォルサイト中央岩体(Mcb1)で $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ とも富む傾向にある。これは地表の結果とも対応している。また、同一岩体内での変動を見ると、ベフォルサイト岩体の中央部より周辺部で $\delta^{13}\text{C}$ 及び $\delta^{18}\text{O}$ に富み、接触部付近では再び、減少する可能性がある。

Th/Yb-Y/Yb図(図II-1-9)によれば、ソバイト、ベフォルサイト両岩体、カーボナタイト岩脈は特有の組成領域を示す。YとYbは重希土類とほぼ同様な化学的挙動を示し、固相に濃集しやすく、Thは液相に濃集しやすい。Thはソバイトで最も少なく、ベフォルサイト両岩体、カーボナタイト岩脈の順に多くなる。貫入順序もソバイト、ベフォルサイト両岩体、カーボナタイト岩脈であり、Thが液相に濃集する現象と整合的である。



図II-2-1 ボーリング調査位置図 0 100 200 300 400 500^m

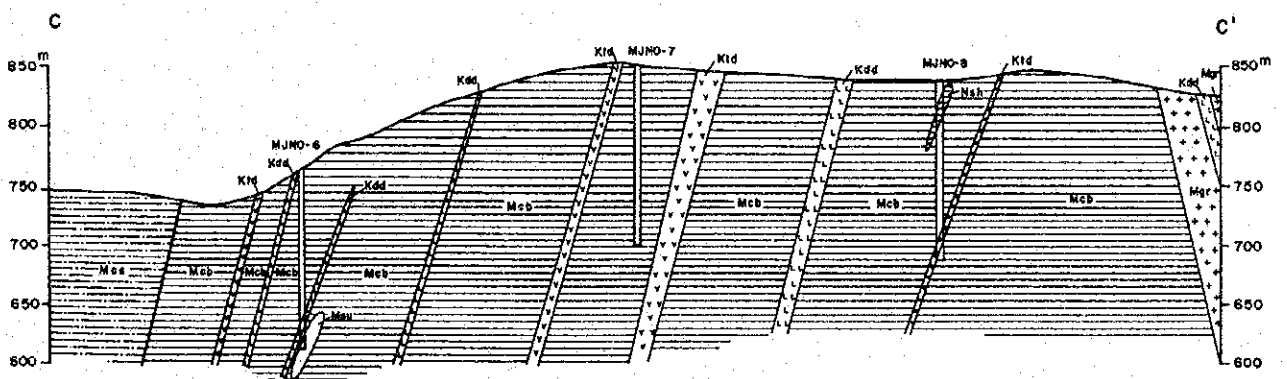
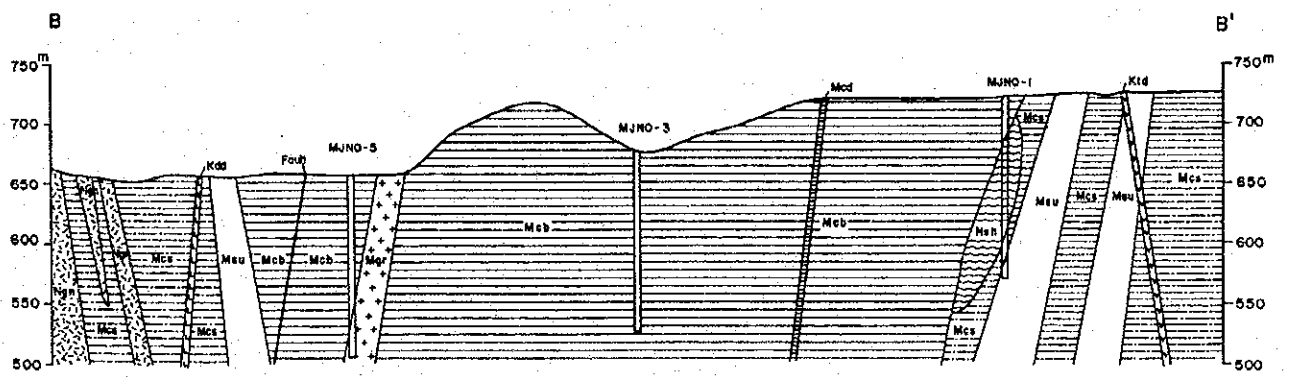
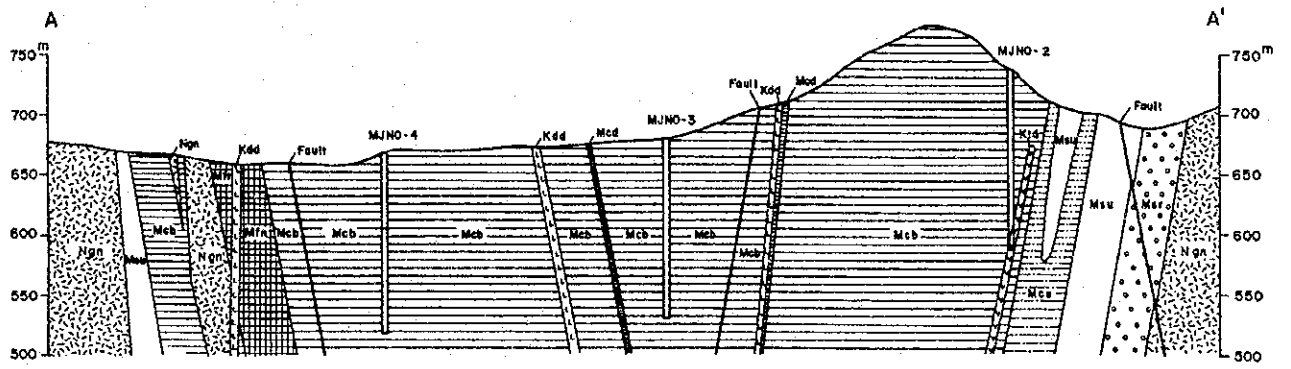
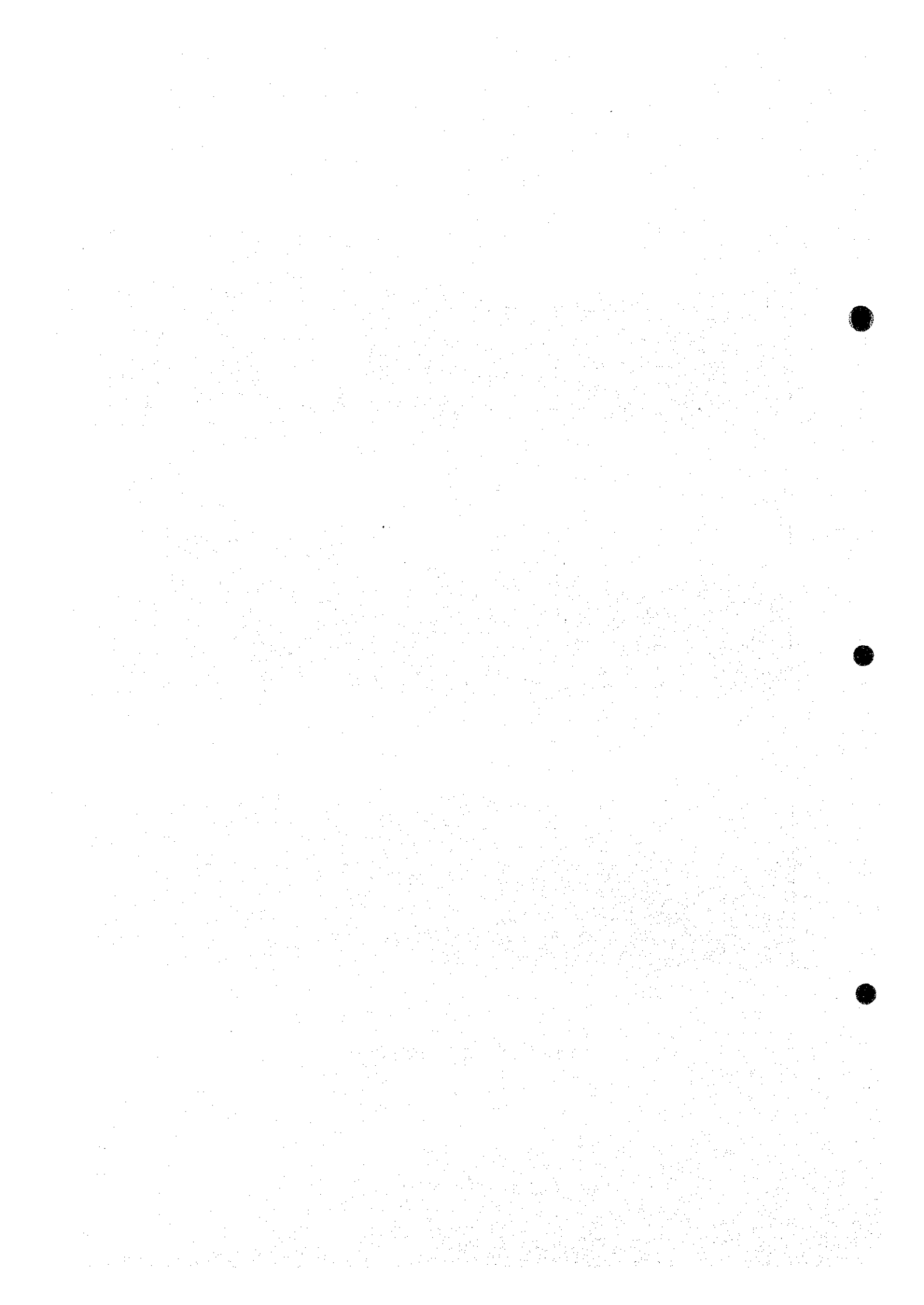
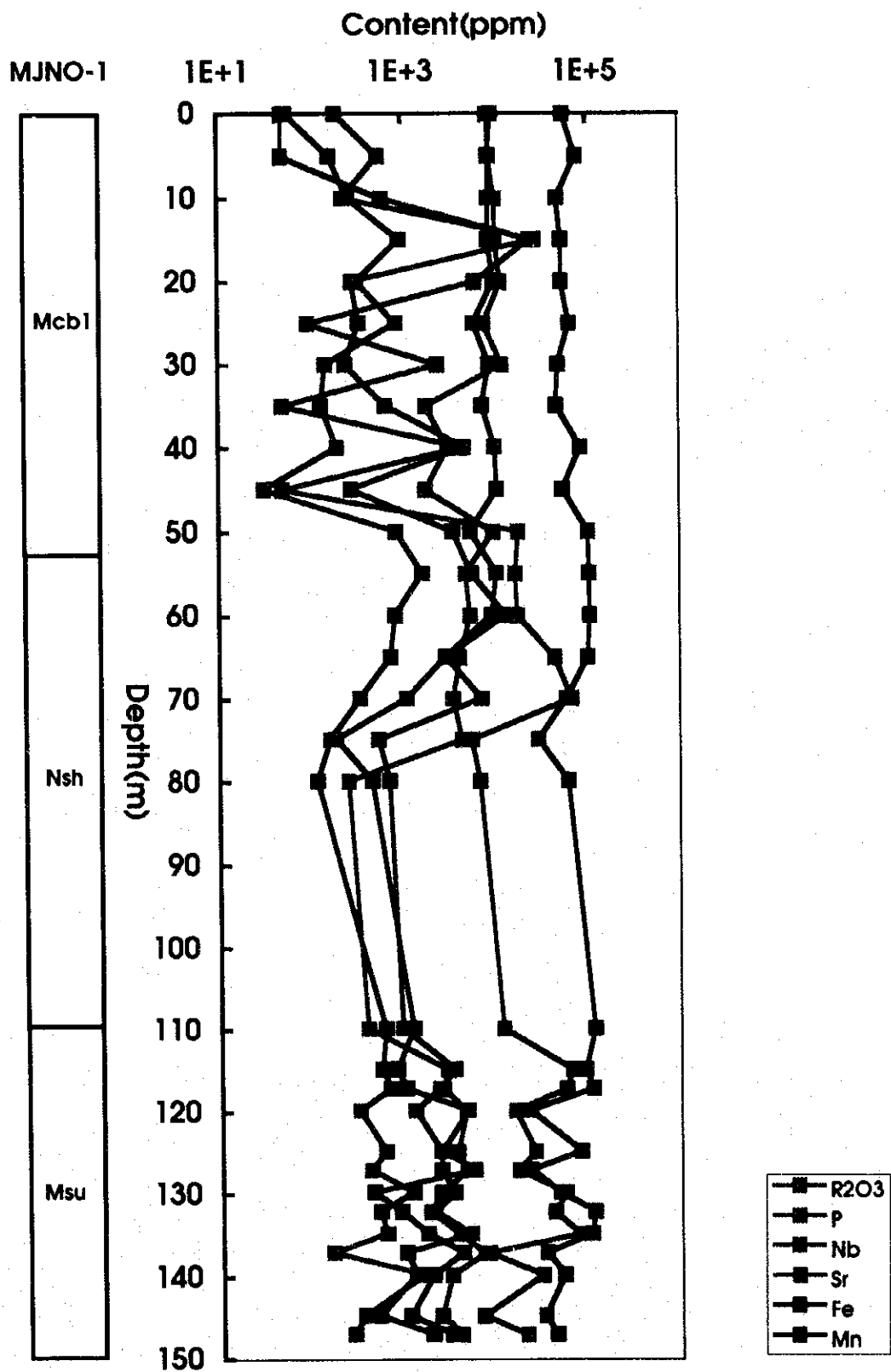
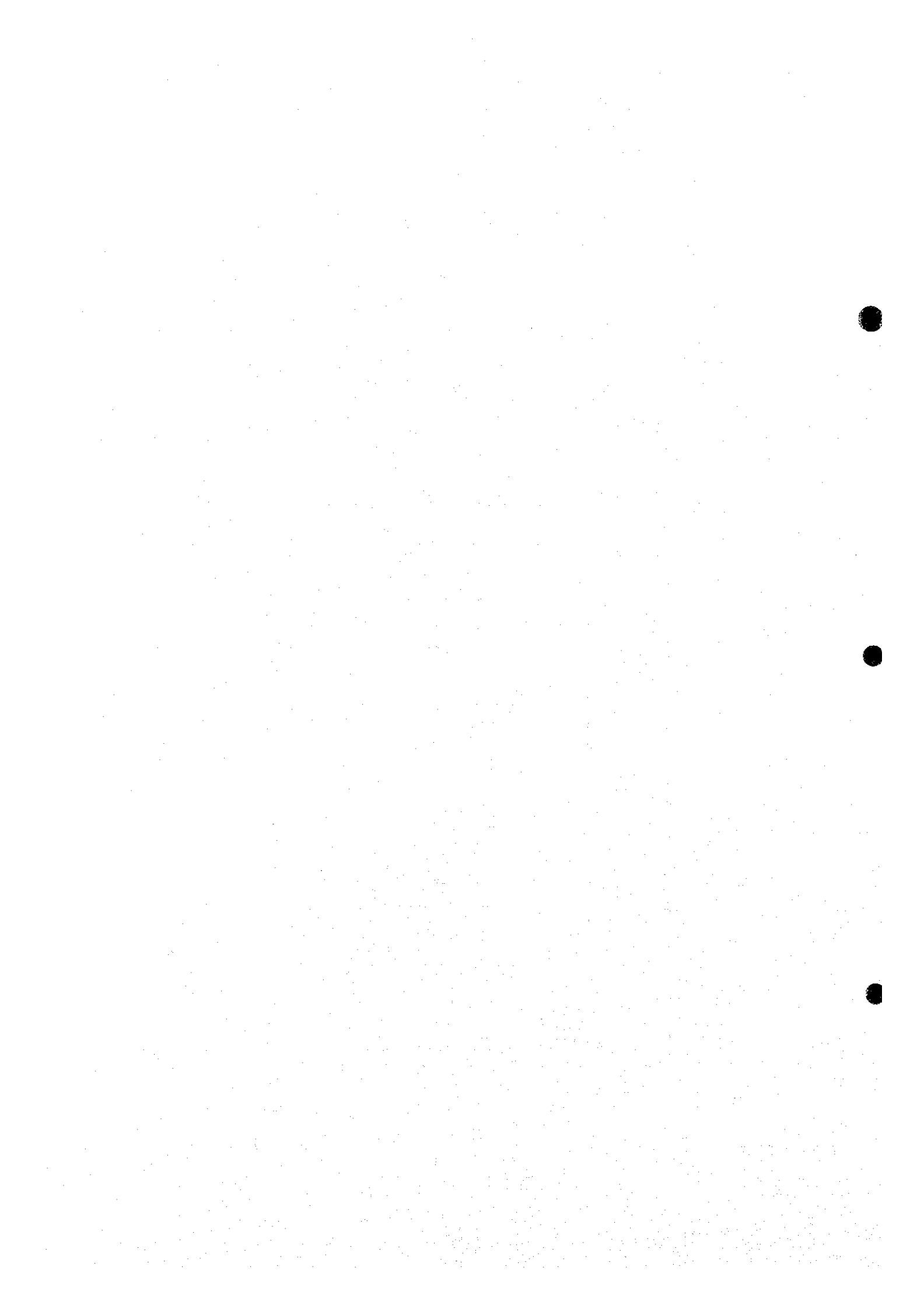


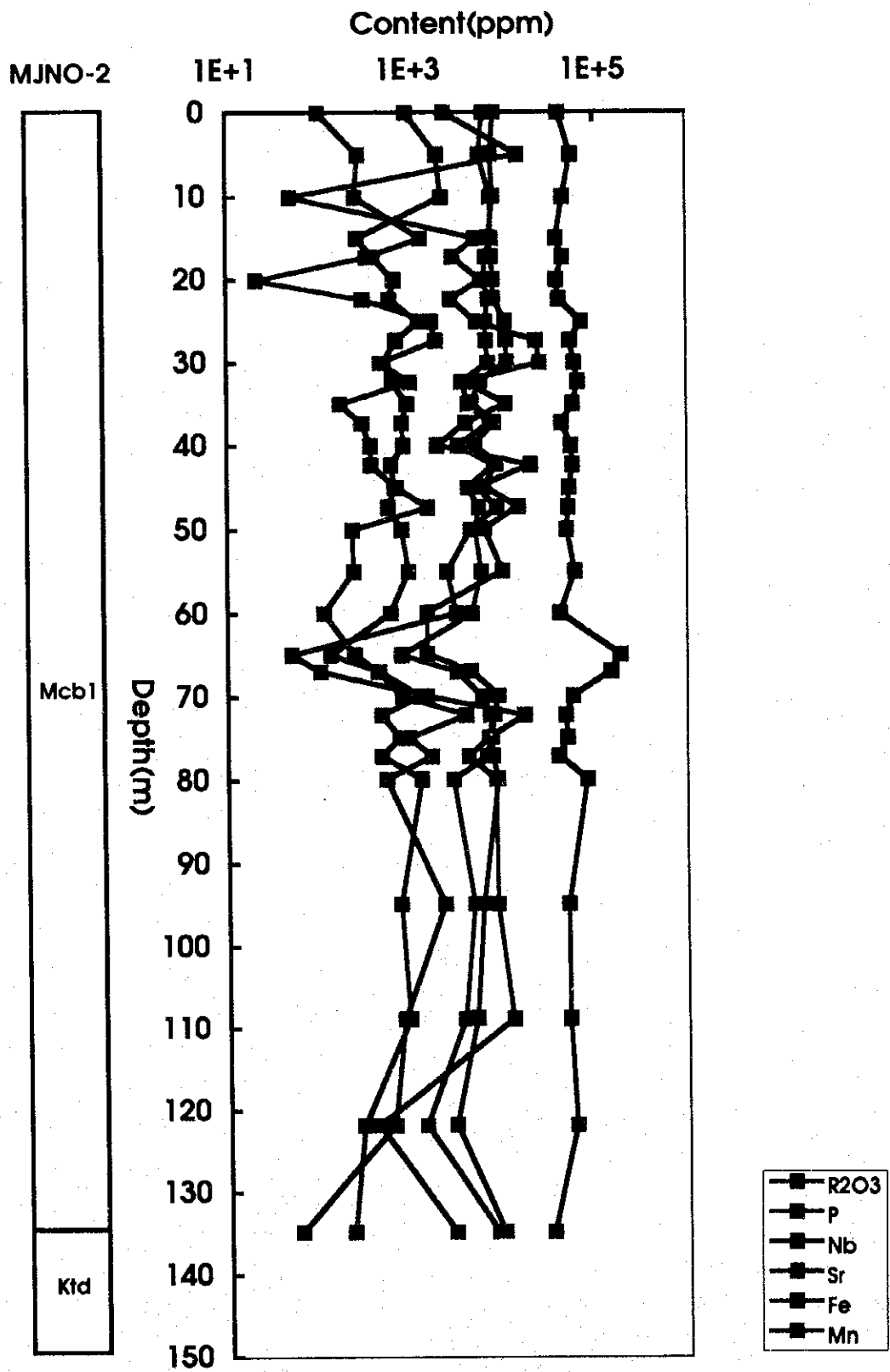
図 II - 2 - 2 ボーリング地質断面図



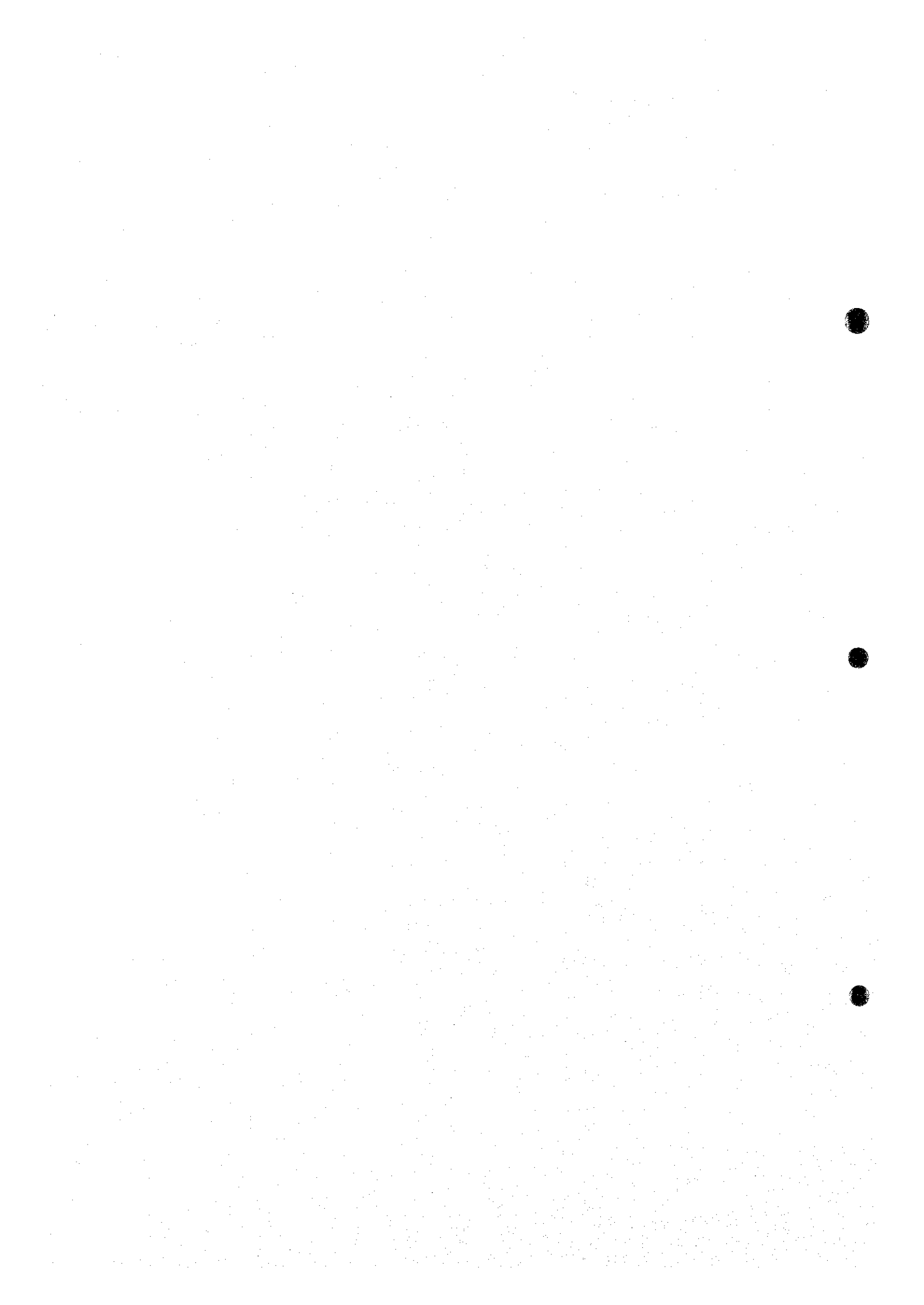


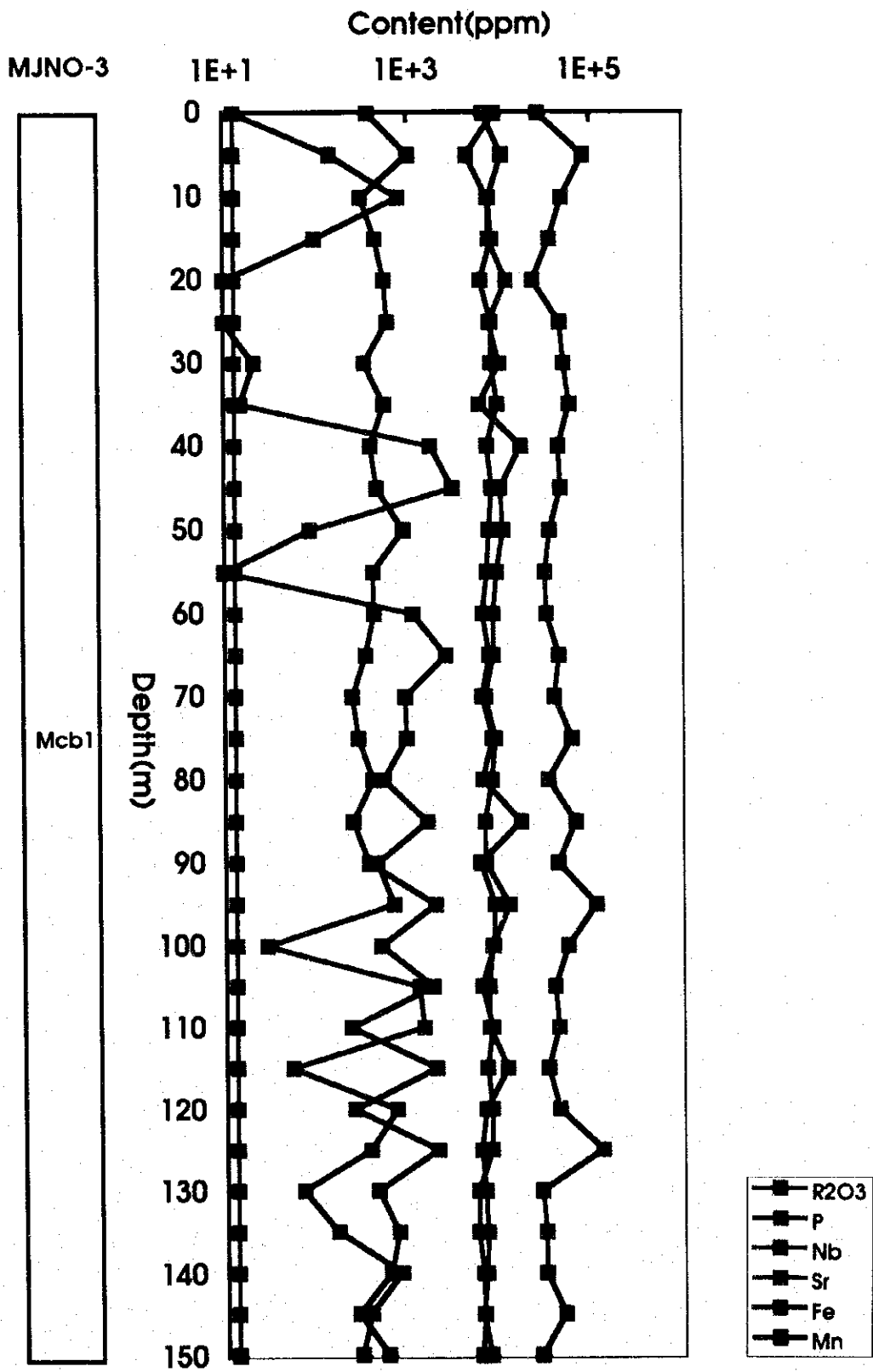
図II-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-1)



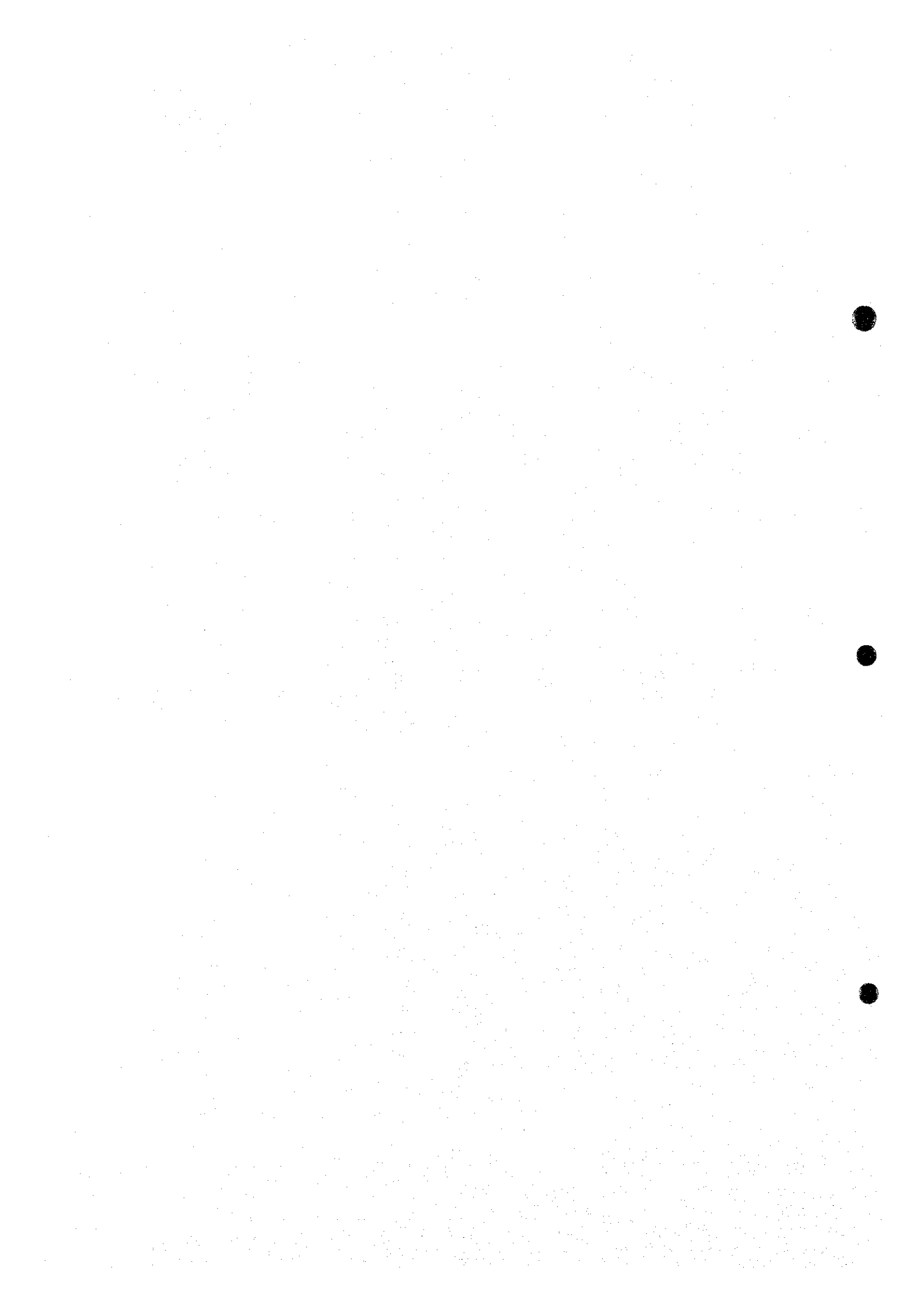


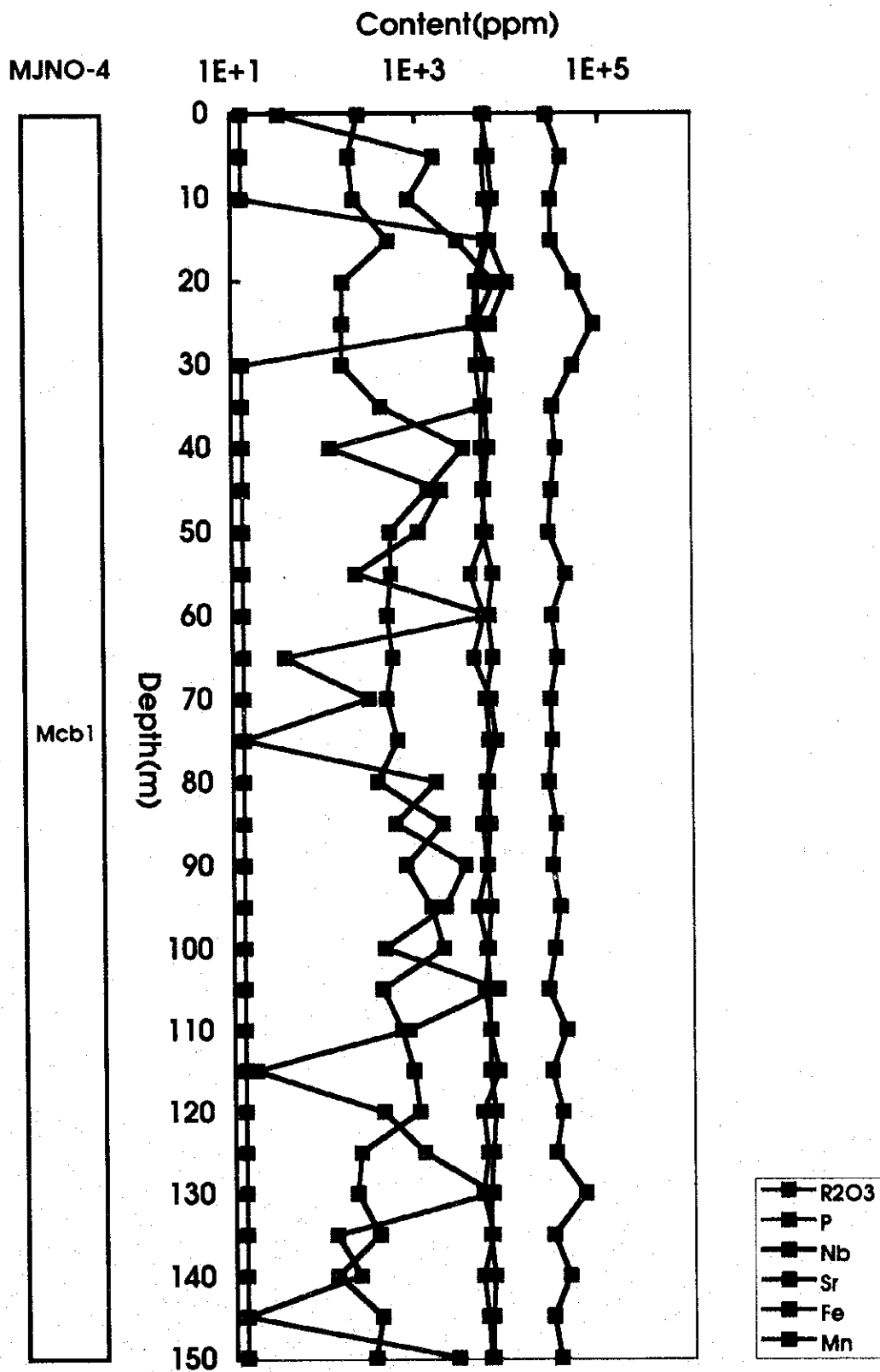
図II-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-2)



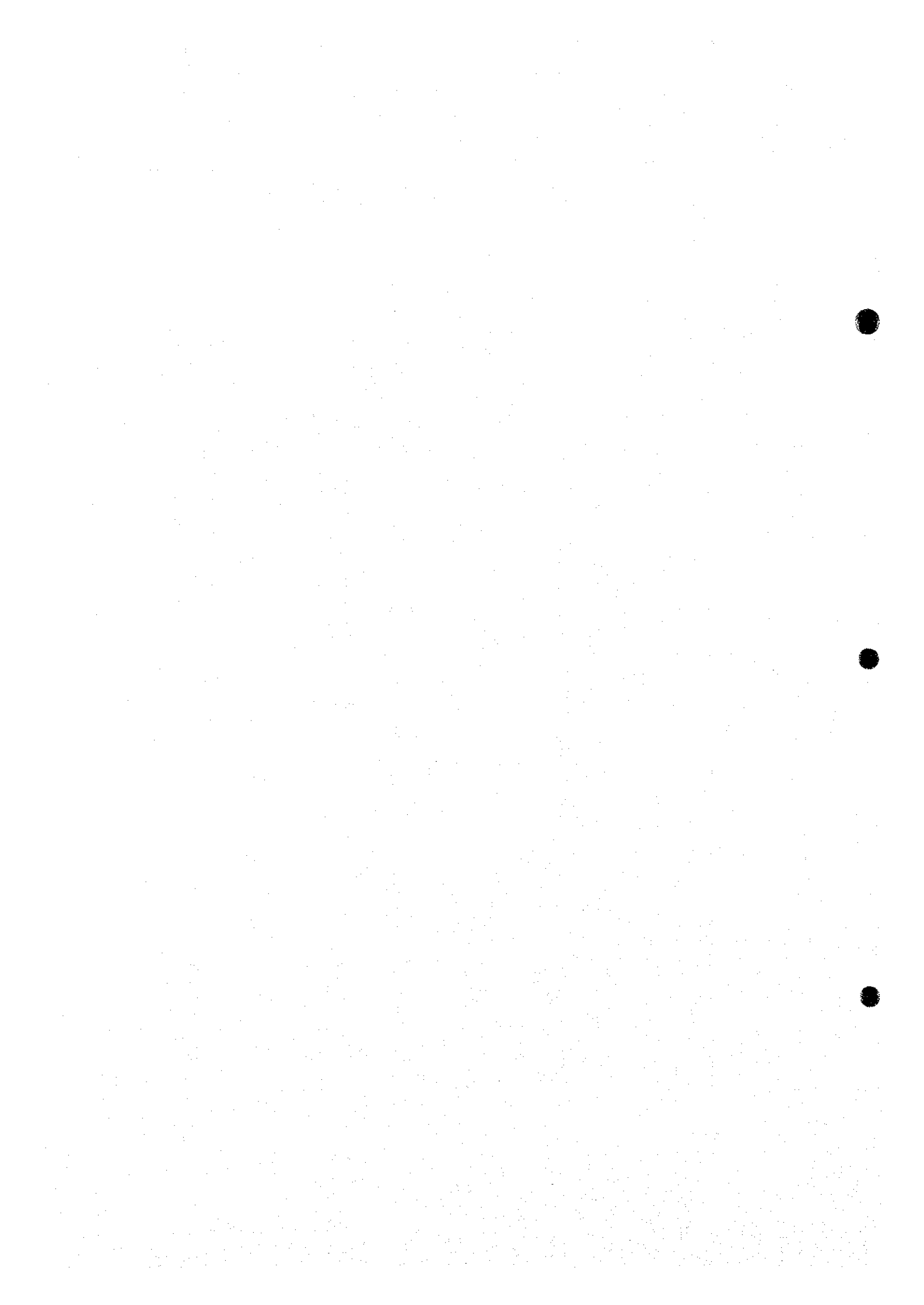


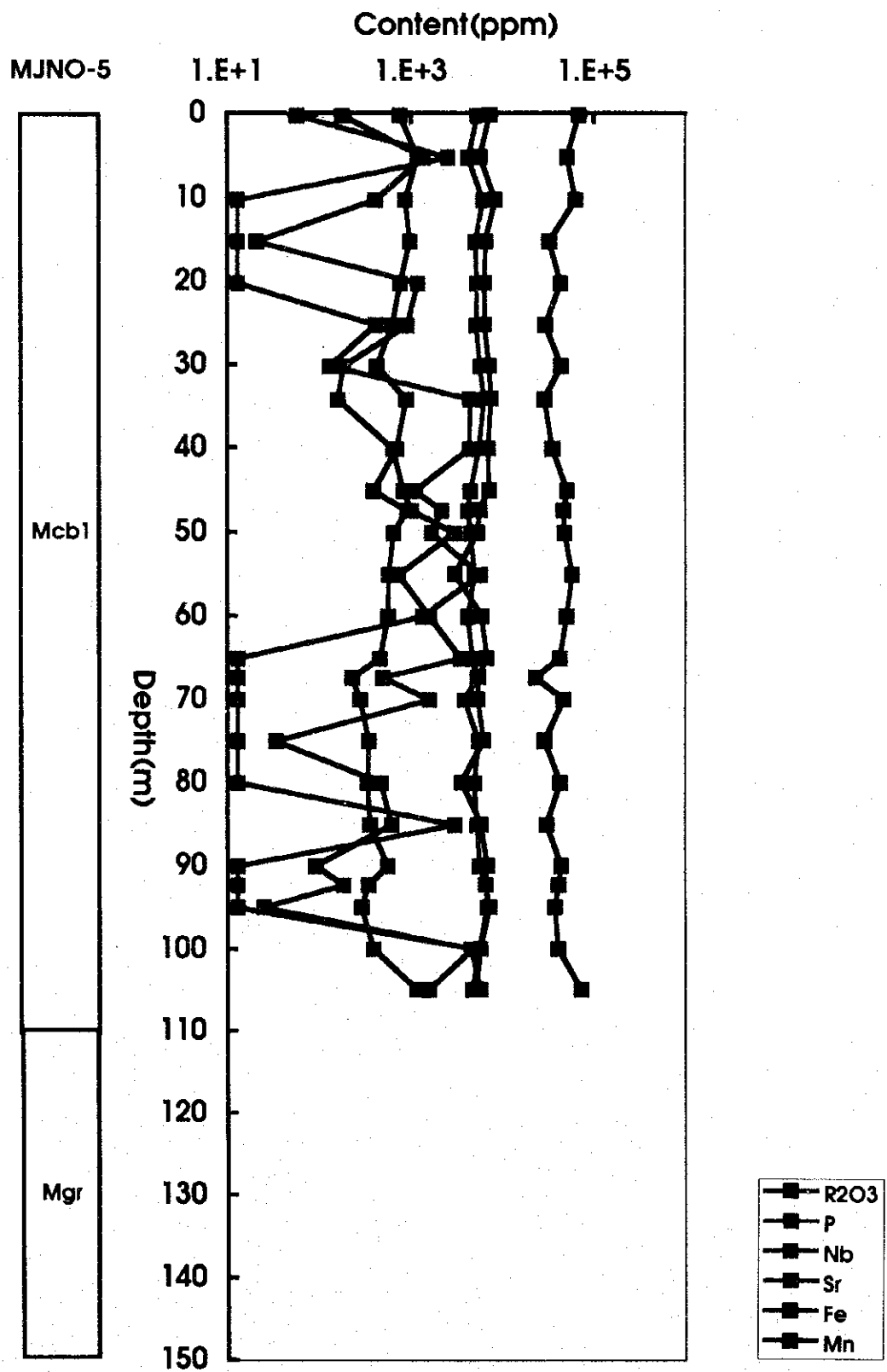
図Ⅱ-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-3)



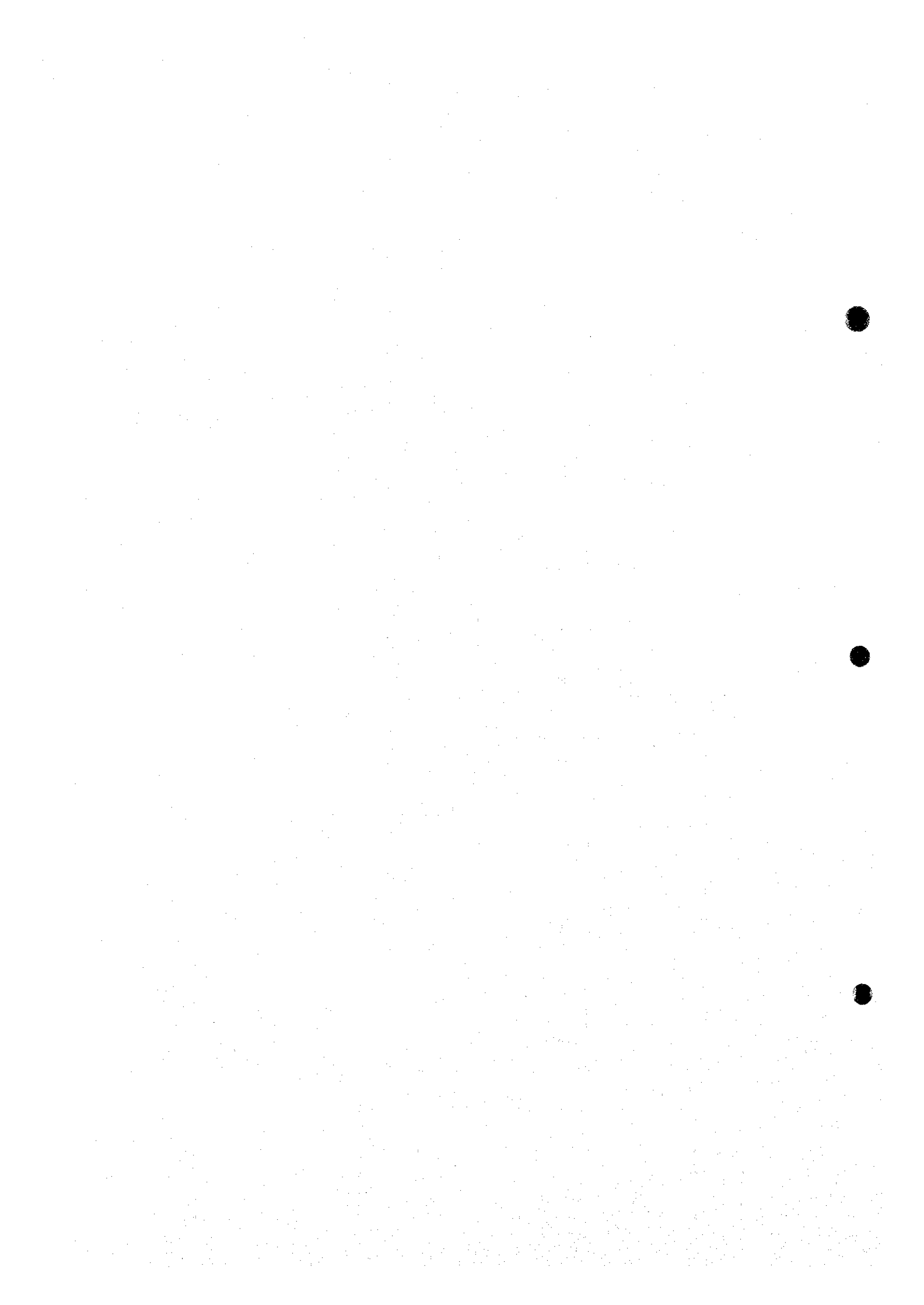


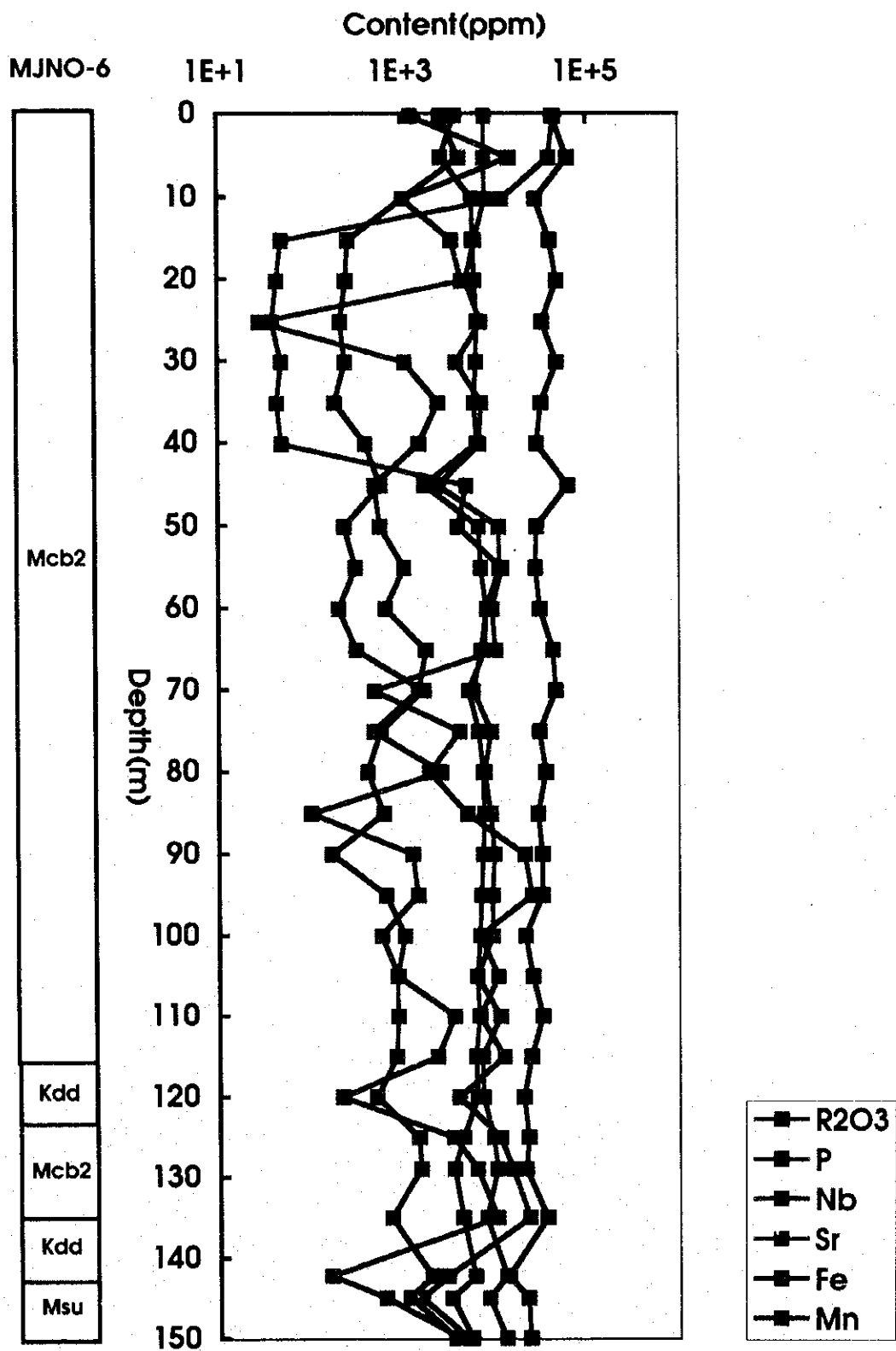
図II-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-4)



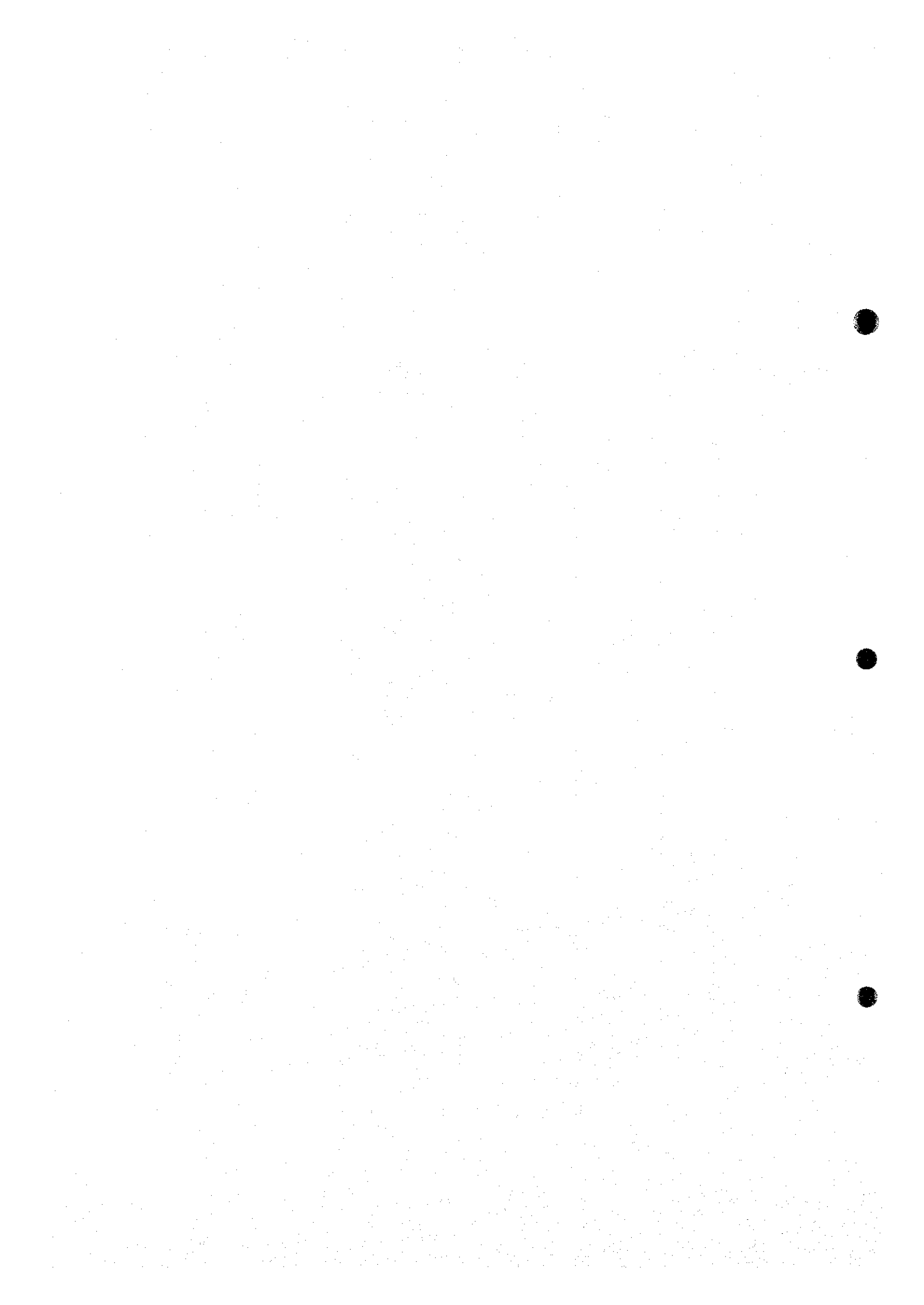


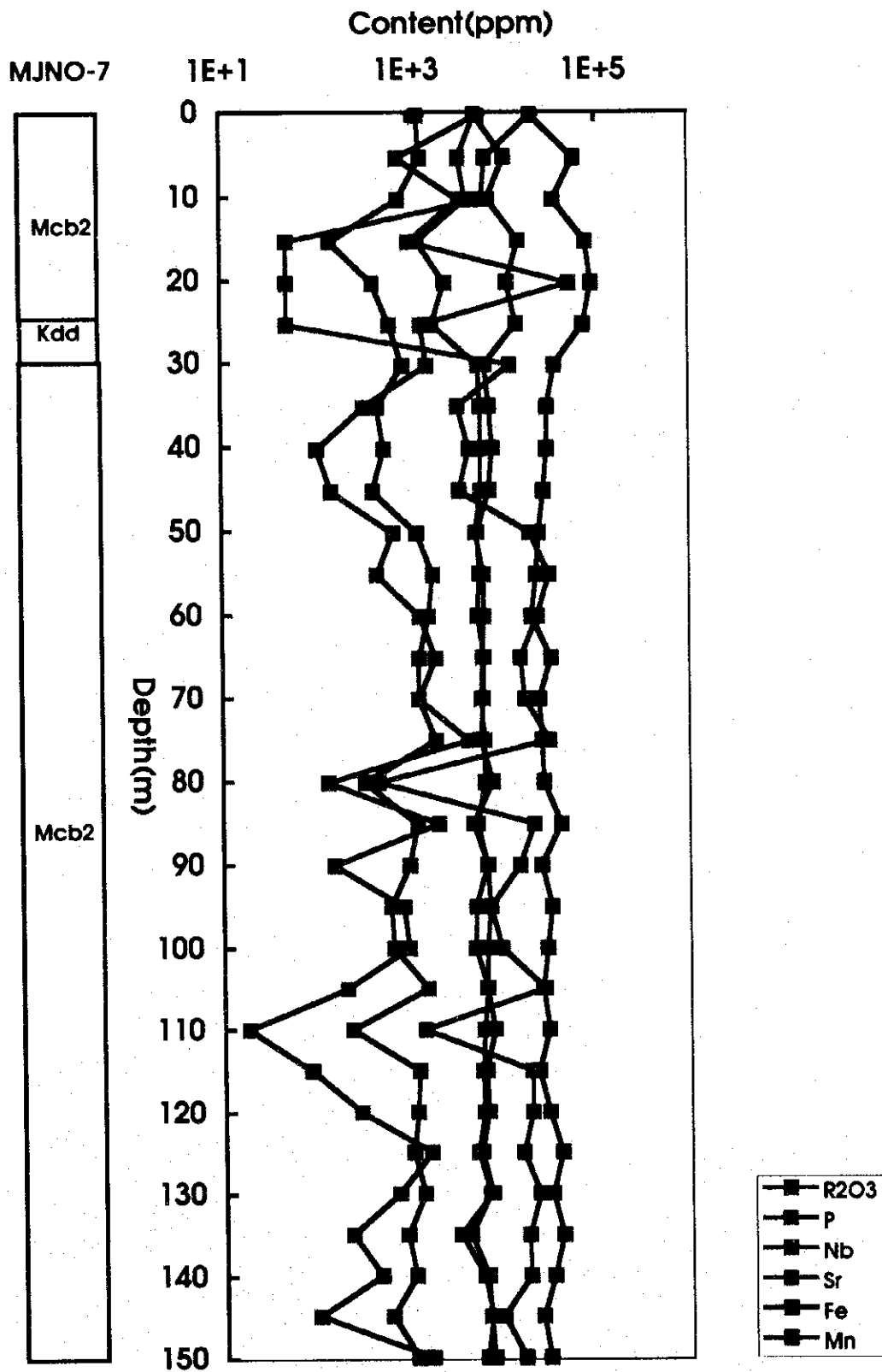
図Ⅱ-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-5)



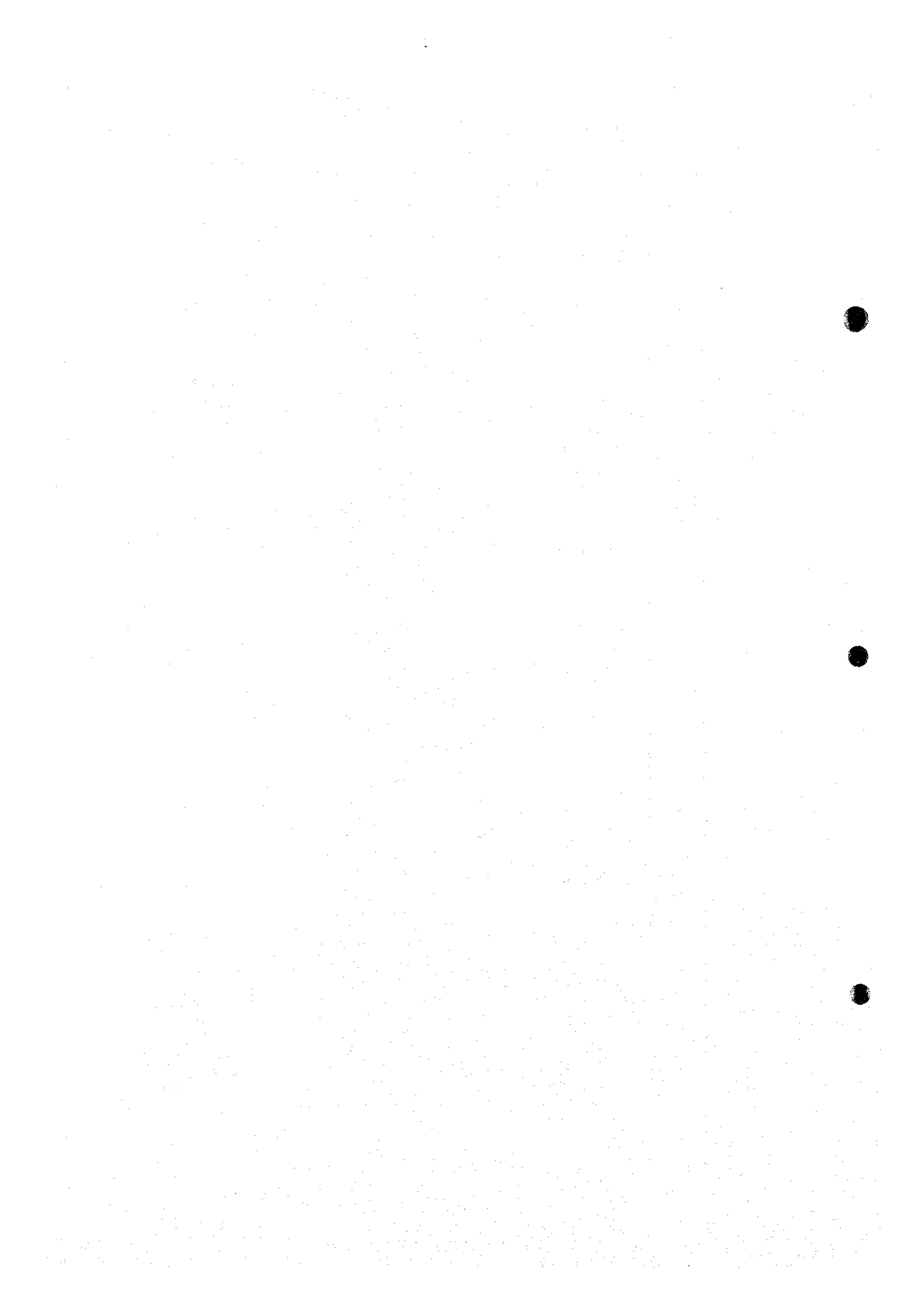


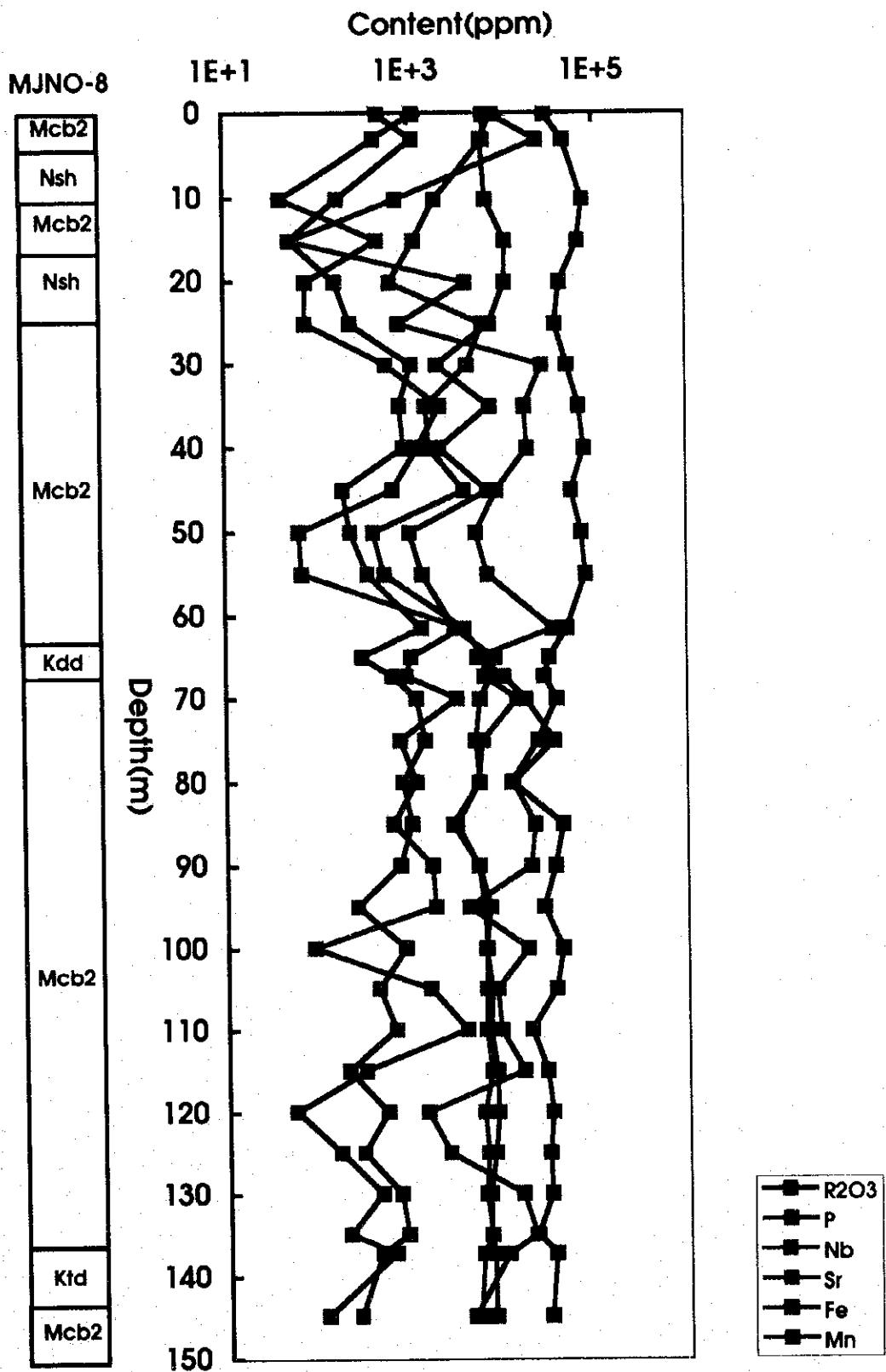
図Ⅱ-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-6)



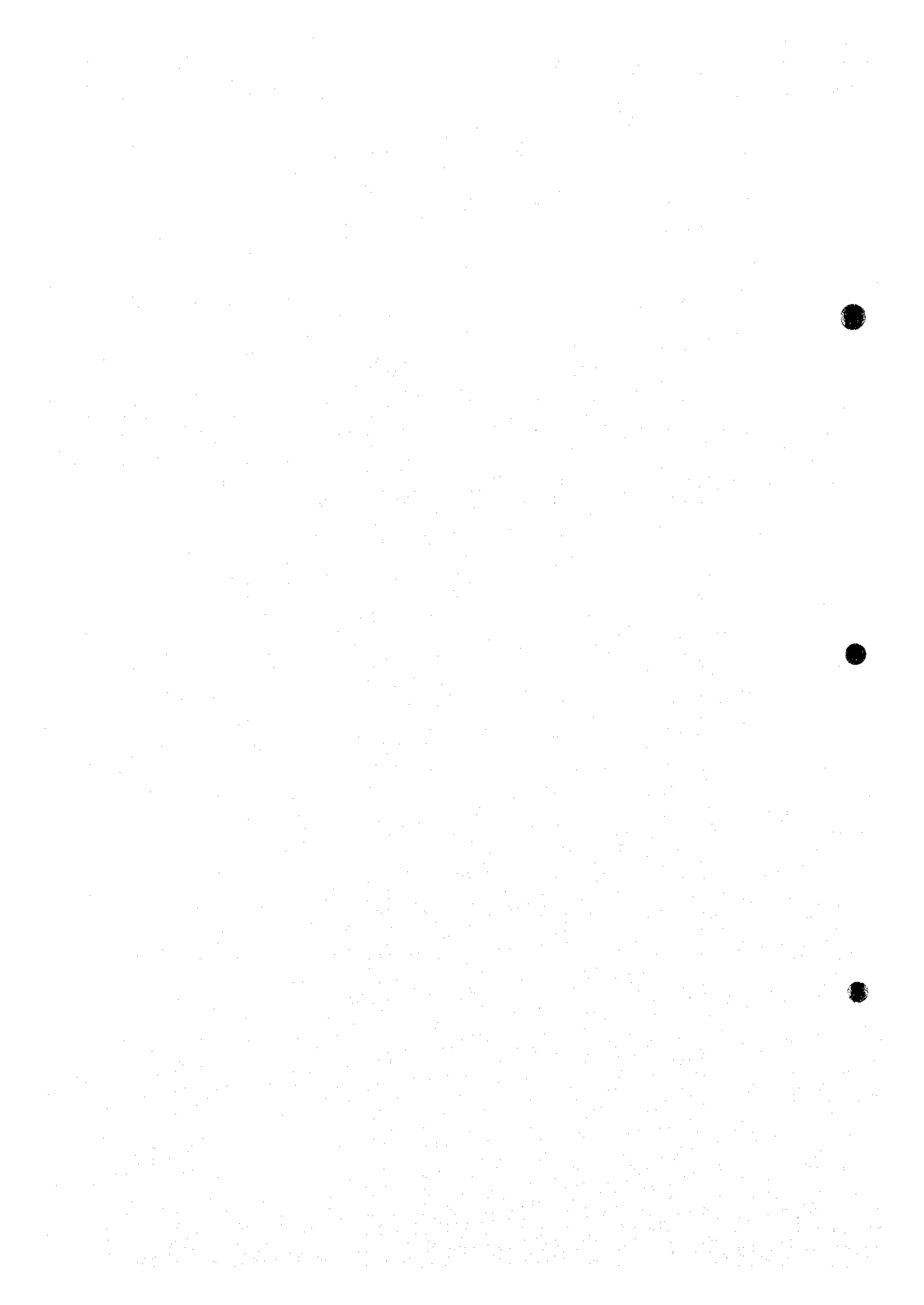


図Ⅱ-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-7)





図II-2-3 ボーリング地化学探査解析図 (MJNO-8)



表Ⅱ-2-1 ボーリング使用機器一覧表

品名	形式	仕様	数量	備考
試錐機	L-38 (ロックヤ-	掘削能力：BQ 725m 8段変速 逆回転2段 ディーゼルエンジン：デトロイト17°， 50馬力/2,200R. P. M.	2	
	BOYLES 25 (クリステン)	掘削能力：BQ 1000m 8段変速 ガソリンエンジン：フォート17°， 120馬力/3,300R. P. M.	1	
	BOYLES 17 (クリステン)	掘削能力：BQ 600m 8段変速 ディーゼルエンジン：デトロイト17°， 50馬力/2,200R. P. M.	1	
試錐ポンプ	RQ535 (ロックヤ-	三連式単動ポンプ 最大圧力：56kg/cm ² 最大吐出量：140リットル/min ディーゼルエンジン：空冷4気筒 16馬力/2,200R. P. M. (含む揚水用ポンプ)	4	
ワイヤラインホスト	WLH-S (ロックヤ-	ホスティング能力：350m ラインスピード：57m/min 所要馬力：4 PS	2	

表Ⅱ-2-2 ボーリング使用消耗品一覧表

品名	仕様	単位	MJNO-1	MJNO-2	MJNO-3	MJNO-4	MJNO-5	MJNO-6	MJNO-7	MJNO-8	合計
ロッド	NQ×3.0m	本	-	-	-	-	-	-	-	-	0
ロッド	BQ×3.0m	本	-	-	-	-	-	-	-	-	0
アウトローブ (NQ)	60.3mm×73.0mm×3.2m	本	-	-	-	1	1	-	-	1	3
アウトローブ (BQ)	46.0mm×57.2mm×3.2m	本	-	1	-	1	1	-	1	-	4
インナーチューブ (NQ)	NQ×3.0m	本	-	-	-	2	2	-	-	-	4
インナーチューブ (BQ)	BQ×3.0m	本	2	2	-	4	3	1	-	1	13
インナーチューブヘッド	NQ	組	-	-	-	2	2	-	-	-	4
インナーチューブヘッド	BQ	組	-	-	-	2	2	-	-	-	4
オーバーショット	NQ(垂直用)	本	-	-	-	1	1	-	-	-	2
オーバーショット	BQ(垂直用)	本	-	-	-	1	1	-	-	-	2
ワイヤライン用ワイヤー	5mm×300m	巻	-	-	-	-	-	-	-	-	0
ケーシングパイプ (BW)	60.3mm×73.0mm×3.0m	本	-	-	-	1	1	-	-	-	2
ケーシングシュー (BW)	56.2mm×75.3mm	個	1	1	1	1	1	1	1	1	8
コアリフター	NQ	個	3	4	2	3	4	1	1	2	20
コアリフター	BQ	個	5	3	6	4	7	6	5	4	40
コアリフターケース	NQ	個	2	2	2	2	2	2	2	2	16
コアリフターケース	BQ	個	3	4	2	2	2	3	3	2	21
軽油		リットル	200	450	420	160	270	260	210	160	2,130
タービン油		リットル	20	10	30	40	-	20	20	-	140
セメント		kg	480	560	1,080	-	-	320	240	200	2,880
ペントナイト		kg	-	3,600	-	-	-	-	-	-	3,600
C.M.C.		kg	-	110	-	-	-	-	-	-	110

表Ⅱ-2-3 ダイヤモンドビット・リーマー使用状況一覧表

品名	形式	仕様	MJNO-1	MJNO-2	MJNO-3	MJNO-4	MJNO-5	MJNO-6	MJNO-7	MJNO-8	合計
ダイヤモンド											
	NXC	101.00mm×77.00mm	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	NQ	47.69mm×75.31mm	1	2	1	1	1	1	1	1	9
	BQ	36.40mm×59.56mm	1	2	1	2	2	1	2	1	12
リーマー											
	NXC	101.70mm	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	NQ	75.69mm	1	1	1	1	1	1	1	1	8
	BQ	59.94mm	1	1	1	1	1	1	1	1	8
ケーンダグジュレット (コンポジット)											
	BX	56.2mm×75.3mm	1	1	1	1	1	1	1	1	8

表Ⅱ-2-4 ボーリング工事工程表

区分	1994年 8月	9月	10月	11月	12月	1995年 1月	2月	掘進長	打探取率	工事期間
準備及び移動	13 15 —									
M J N O - 1		2 12 —						150.40m	99.93%	1994.10.2 ~ 1994.10.12
M J N O - 2		22 —	8 —					150.40m	51.60%	1994.9.22 ~ 1994.10.8
M J N O - 3		16 —	1 —					150.30m	99.60%	1994.9.16 ~ 1994.10.1
M J N O - 4		14 22 —						150.20m	99.80%	1994.9.14 ~ 1994.9.22
M J N O - 5	16 —	15 —						150.30m	95.81%	1994.8.16 ~ 1994.9.15
M J N O - 6			18 30 —					150.50m	99.27%	1994.10.18 ~ 1994.10.30
M J N O - 7			13 25 —					150.50m	99.80%	1994.10.13 ~ 1994.10.25
M J N O - 8		8 18 —						150.40m	99.73%	1994.10.8 ~ 1994.10.18
解体及び掃固			31 2 —							
解析・報告書作成				10 —			20 —			

表II-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-1)

区分	工事期間		工事期間				期間内訳				
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業日数	延日数	実働日数	休業日数	作業日数	
設営作業	2. 10. 1994	~ 3. 10. 1994				2.5	2.5	0		21.0	
掘進作業	4. 10. 1994	~ 10. 10. 1994				6.5	6.5	0		58.0	
解体作業	11. 10. 1994	~ 10. 12. 1994				2	2	0		20.0	
合計	2. 10. 1994	~ 10. 12. 1994				11	11	0		99.0	
掘進深度			100 m 毎のコア採取率								
計画深度	150.00 m	表土	0.00 m	コア長および コア採取率							累計
増掘長	- m	コア長	150.30 m	0.00 ~ 98.10							98.00 m 99.90 %
検尺深度	150.40 m	コア採取率 (%)	99.93 %	98.10 ~ 150.40							52.30 m 100.00 %
作業時間											
掘進作業	45.0 h	63.4 %	38.5 %								
ロード揚降管	4.0 h	5.6 %	3.4 %								
インナー揚降 付帯作業	11.0 h	15.5 %	9.4 %								
事故回復作業	0.0 h	0.0 %	0.0 %								
その他	0.0 h	0.0 %	0.0 %								
小計	71.0 h	100.0 %	60.7 %								
設営・解体作業											
設営作業	26.0 h		22.2 %								
解体作業	20.0 h		17.1 %								
合計	117.0 h		100.0 %								
ケーシングパイプ											
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ (m)	B/A × 100 (%)	ケーシングパイプ 回収率 (%)	100.0								
BW	51.10	34.0	100.0								
純掘進工数 / 掘進深度			0.39 工 / m								
ハリーコブター移設時間			3.0 時間								
記事			A : 掘進長 B : 挿入長								

表Ⅱ-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-2)

区分	工事期間		期間内訳			
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業工数
設営作業	22. 9.1994	~ 24. 9.1994	3	3	0	17.5
掘進作業	25. 9.1994	~ 7. 10.1994	13.5	13.5	0	93.0
解体作業	7. 10.1994	~ 8. 10.1994	1.5	1.5	0	12.5
合計	22. 9.1994	~ 8. 10.1994	18	18	0	123.0
掘進深度						
計画深度	150.00 m	表土	0.00 m	100 m 毎のコア採取率		
増掘長	- m	J7長	77.60 m	コア採取率		
検尺深度	150.40 m	J7採取率(%)	51.60 %	0.00 ~ 100.80	69.30 m	68.75 %
作業時間						
掘進作業	70.0 h	49.0 %	38.3 %	100.80 ~ 150.40	8.30 m	16.73 %
ロッド掲降管	22.0 h	15.4 %	12.0 %			
インナー掲降付帯作業	13.0 h	9.1 %	7.1 %			
事故回復作業	4.0 h	2.8 %	2.2 %			
その他	0.0 h	0.0 %	0.0 %			
小計	143.0 h	100.0 %	78.1 %			
設営・解体作業						
設営作業	30.0 h		16.4 %	掘進能率		
解体作業	10.0 h		5.5 %	掘進深度 (m) / 延日数		
合計	183.0 h		100.0 %	掘進深度 (m) / 延掘進日数		
ケーシングパイプ						
ケーシングパイプ挿入深度	B/A×100	ケーシングパイプ	回収率 (%)	掘進深度 (m) / 実掘進日数		
およびケーシングパイプ	(m)	(%)	100.0	掘進深度 (m) / 延工数		
BW	78.00	51.9		純掘進工数 / 掘進深度		
				0.62 工 / m		
ヘリコプター移設時間 7. 5時間						
記事						
A : 掘進長						
B : 挿入長						

表Ⅱ-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-3)

区分	工事期間		工期		期間内訳			
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業日数	作業工数	
設営作業	16. 9.1994	~ 17. 9.1994	2	2	0	19.0		
掘進作業	18. 9.1994	~ 29. 9.1994	12	12	0	116.5		
解体作業	30. 9.1994	~ 1. 10.1994	2	2	0	20.0		
合計	16. 9.1994	~ 1. 10.1994	16	16	0	155.5		
掘進深度		100 m 毎のコア採取率						
計画深度	150.00 m	表土	0.00 m	コア長および			累計	
増掘長	- m	コア採取率 (%)	149.70 m	コア採取率			累計	
検尺深度	150.37 m	コア採取率 (%)	99.55 %	94.50 m	99.47 %	99.47 %		
作業時間		掘進率						
掘進作業	55.0 h	40.4 %	32.0 %	55.20 m	99.69 %	99.55 %		
ロッド揚降管	14.0 h	10.3 %	8.1 %	掘進能率			9.40 m/日	
インナー揚降付帯作業	18.0 h	13.2 %	10.5 %	掘進深度 (m) / 実働日数			9.40 m/日	
事故回復作業	30.0 h	22.1 %	17.4 %	掘進深度 (m) / 延掘進日数			12.53 m/日	
その他	19.0 h	14.0 %	11.0 %	掘進深度 (m) / 実掘進日数			12.53 m/日	
小計	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度 (m) / 延工数			0.97 m/工	
設営・解体作業		純掘進工数 / 掘進深度						
設営作業	20.0 h	11.6 %	11.6 %	掘進深度 (m) / 延掘進日数			12.53 m/日	
解体作業	16.0 h	9.3 %	9.3 %	掘進深度 (m) / 延工数			0.97 m/工	
合計	172.0 h	100.0 %	79.1 %	純掘進工数 / 掘進深度			0.77 工/m	
ケーシングパイプ		ケーシングパイプ						
ケーシングハ°17°挿入深度	B/A × 100 (%)	ケーシングパイプ						
およびケーシングサイス	(m)	回収率 (%)						
BW	35.40	23.5	100.0	ヘリコプター移設時間 4.0 時間				
記事 A : 掘進長 B : 挿入長								

表II-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-4)

区分	工事期間		期間内訳			
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業工数
設営作業	14. 9.1994	~ 15. 9.1994	2	2	0	13.0
掘進作業	16. 9.1994	~ 20. 9.1994	5	5	0	33.5
解体作業	21. 9.1994	~ 22. 9.1994	2	2	0	13.5
合計	14. 9.1994	~ 22. 9.1994	9	9	0	60.0
掘進深度 100 m 毎のコア採取率						
計画深度	150.00 m	表土	0.00 m	コア長および コア採取率		
増掘長	- m	コア長	149.90 m	100.70 m	99.70 %	累計 99.70 %
検尺深度	150.23 m	コア採取率(%)	99.78 %	49.20 m	99.94 %	99.78 %
作業時間						
掘進作業	39.0 h	63.9 %	41.1 %			
ロッド揚降管	5.0 h	8.2 %	5.3 %			
インナー揚降 付帯作業	9.0 h	14.8 %	9.5 %			
	8.0 h	13.1 %	8.4 %	掘進能率 16.69 m/日		
事故回復作業	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度 (m) / 実働日数 16.69 m/日		
その他	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度 (m) / 延掘進日数 30.05 m/日		
小計	61.0 h	100.0 %	64.2 %	掘進深度 (m) / 実掘進日数 30.05 m/日		
設営・解体作業						
設営作業	20.0 h		21.1 %	掘進深度 (m) / 実掘進日数 30.05 m/日		
解体作業	14.0 h		14.7 %	掘進深度 (m) / 延工数 2.50 m/工		
合計	95.0 h		100.0 %	純掘進工数 / 掘進深度 0.22 工/m		
ケーシングパイプ						
ケーシングパイプ およびケーシングサイズ	B/A×100 (%)	ケーシングパイプ 回収率 (%)	100.0	ヘリコプター移設時間 7.0 時間		
BW	50.30	83.5		記事 A : 掘進長 B : 挿入長		

表Ⅱ-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-5)

区分	工事期間		期間内訳			
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業工数
設営作業	13.	8.1994 ~ 4. 9.1994	23	23	0	248
掘進作業	5.	9.1994 ~ 13. 9.1994	9	9	0	126
解体作業	14.	9.1994 ~ 15. 9.1994	2	2	0	19
合計	13.	8.1994 ~ 15. 9.1994	34	34	0	393
掘進深度						
計画深度	150.00 m	表土	100 m 毎のコア採取率			
増掘長	- m	コア長	コア採取率			
検尺深度	150.37 m	コア採取率(%)	0.00 ~ 92.10	86.30 m	93.70 %	累計 93.70 %
掘進作業	84.0 h	作業時間	92.10 ~ 150.37	58.27 m	100.00 %	96.14 %
ロッド揚降管	8.0 h					
インナー揚降付帯作業	9.0 h					
事故回復作業	16.0 h					
その他	0.0 h					
小計	117.0 h					
設営・解体作業						
設営作業	120.0 h					
解体作業	13.0 h					
合計	250.0 h					
ケーシングパイプ						
ケーシングパイプ挿入深度	B/A × 100 (%)	ケーシングパイプ回収率 (%)	掘進能力			
およびケーシングパイプ (m)	(%)	(%)	掘進深度 (m) / 延日数	掘進日数	掘進率	m / 日
BW 51.30	34.1	100.0	掘進深度 (m) / 実働日数	4.42	4.42	m / 日
			掘進深度 (m) / 延掘進日数	16.71	16.71	m / 日
			掘進深度 (m) / 実掘進日数	16.71	16.71	m / 日
			掘進深度 (m) / 延工数	0.88	0.88	m / 工
			純掘進工数 / 掘進深度	0.84	0.84	工 / m
ヘリコプター移設時間 2. 5 時間						
記事						
A : 掘進長						
B : 挿入長						

表Ⅱ-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-6)

区分	工事期間		期間内訳			
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業工数
設営作業	18. 10. 1994	~ 19. 10. 1994	2	2	0	19.5
掘進作業	20. 10. 1994	~ 23. 10. 1994	4	4	0	40.0
解体作業	24. 10. 1994	~ 2. 11. 1994	10	10	0	74.0
合計	18. 10. 1994	~ 2. 11. 1994	16	16	0	133.5
掘進深度 100m毎のコア採取率						
計画深度	150.00 m	表土	0.00 m	コア長および コア採取率		
増掘長	- m	コア長	149.40 m	100.70 m	99.70 %	累計 99.70 %
検尺深度	150.50 m	コア採取率(%)	99.27 %	48.70 m	98.38 %	99.27 %
掘進作業	62.0 h	73.8 %	50.0 %			
ロッド揚降管	5.0 h	6.0 %	4.0 %			
インナー揚降 付帯作業	13.0 h	15.5 %	10.5 %			
事故回復作業	4.0 h	4.8 %	3.2 %	掘進能率		
その他	0.0 h	0.0 %	0.0 %	掘進深度 (m) / 実働日数 9.41 m / 日		
小計	84.0 h	100.0 %	67.7 %	掘進深度 (m) / 延掘進日数 11.15 m / 日		
設営・解体作業						
設営作業	20.0 h	16.1 %	16.1 %	掘進深度 (m) / 実掘進日数 11.15 m / 日		
解体作業	20.0 h	16.1 %	16.1 %	掘進深度 (m) / 延工数 1.13 m / 工		
合計	124.0 h	100.0 %	100.0 %	純掘進工数 / 掘進深度 0.27 工 / m		
ケーシングパイプ						
ケーシングパイプ挿入深度 およびケーシングサイズ	B/A×100 (%)	ケーシングパイプ 回収率 (%)				
BW	18.00	12.0	100.0	へリコプター移設時間 7.0 時間		
記事 A : 掘進長 B : 挿入長						

表Ⅱ-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-7)

区分	工事期間		期間内訳				
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業工数	
設営作業	13. 10. 1994	～ 14. 10. 1994	2	2	0	20	
掘進作業	15. 10. 1994	～ 23. 10. 1994	9	9	0	63	
解体作業	24. 10. 1994	～ 25. 10. 1994	2	2	0	15	
合計	13. 10. 1994	～ 25. 10. 1994	13	13	0	98	
掘進深度	150.00 m	表土	100 m 毎のコア採取率				
計画深度	-	コア長	コア採取率				
増掘長	-	コア採取率 (%)	0.00 ～ 89.00	88.70 m	99.66 %	累計 99.66 %	
検尺深度	150.50 m	コア採取率 (%)	89.00 ～ 150.50	61.50 m	100.00 %	99.80 %	
掘進作業時間	57.0 h	57.6 %					
ロッド揚降管	10.0 h	10.1 %					
インナー揚降付帯作業	17.0 h	17.2 %					
	15.0 h	15.2 %					
事故回復作業	0.0 h	0.0 %					
その他	0.0 h	0.0 %					
小計	99.0 h	100.0 %					
掘進深度 (m) / 延日数	掘進深度 (m) / 延日数 掘進率						
掘進深度 (m) / 実働日数	掘進深度 (m) / 実働日数 掘進率 11.58 m / 日						
掘進深度 (m) / 延掘進日数	掘進深度 (m) / 延掘進日数 11.15 m / 日						
掘進深度 (m) / 実掘進日数	掘進深度 (m) / 実掘進日数 11.15 m / 日						
掘進深度 (m) / 延工数	掘進深度 (m) / 延工数 1.54 m / 工						
掘進工数 / 掘進深度	掘進工数 / 掘進深度 0.42 工 / m						
ケークパイプ挿入深度	B/A × 100	ケークパイプ回収率 (%)					
およびケークサイズ (m)	21.00	14.0	100.0				
BW	21.00	14.0	100.0				
ハリーコプター移設時間	5.0 時間						

記事
A: 掘進長
B: 挿入長

表Ⅱ-2-5 ボーリング掘進実績表 (MJNO-8)

区分	工事期間		期間内訳			
	期	間	延日数	実働日数	休業日数	作業工数
設営作業	8. 10.1994	~ 10. 10.1994	3	3	0	17.5
掘進作業	11. 10.1994	~ 16. 10.1994	6	6	0	41.0
解体作業	17. 10.1994	~ 18. 10.1994	2	2	0	13.5
合計	8. 10.1994	~ 18. 10.1994	11	11	0	72.0
掘進深度	150.00 m	表土	100 m 毎のコア採取率			
計画深度	-	J7長	コア採取率			
増掘長	150.40 m	J7採取率(%)	0.00 ~ 100.80	100.40 m	99.60 %	累計
検尺深度	150.40 m	J7採取率(%)	100.80 ~ 150.40	49.60 m	100.00 %	99.60 %
掘進作業	41.0 h	62.1 %	掘進率			
ロッド揚降管	4.0 h	6.1 %	掘進率			
インナー揚降	13.0 h	19.7 %	掘進率			
付帯作業	8.0 h	12.1 %	掘進率			
事故回復作業	0.0 h	0.0 %	掘進率			
その他	0.0 h	0.0 %	掘進率			
小計	66.0 h	100.0 %	掘進率			
設営・解体作業	30.0 h		掘進率			
解体作業	20.0 h		掘進率			
合計	116.0 h	100.0 %	掘進率			
ケーシングパイプ	ケーシングパイプ					
ケーシングパイプ挿入深度	ケーシングパイプ					
およびケーシングパイプ	B/A×100	回収率				
B/A	20.00	13.3	100.0			
純掘進工数/掘進深度	0.27 工/m					
ヘリコプター移設時間 3.0 時間						
記事						
A: 掘進長						
B: 挿入長						

表Ⅱ-2-7 ボーリングコアのX線回折試験結果一覧表

No.	Sample No.	Rock Name	Rock silica and silicate minerals				Carbonates				Oxides				Sulfides				Phosphates				Alteration minerals			
			Qtz	Pl	Ab	Kfs	Rbk	Plh	Ms	Ca	Mcc	Dol	Ank	Sd	Mgs	Hem	Py	Mc	Po	Ap	Chl	Mnt	Alg	Tlc	Bce	
	1	1X-1 Befsrite				●	●	△																		
	2	1X-2 Arkorse, Bre., cut by beforSITE			○	●	○	△		◎											◎					
	3	1X-3 Svanite, carbonated				○															○					
	4	1X-4 Svanite, carbonated				○					△										△					
	5	2A-1 Befsrite				●	●	△			△														△	
	6	2X-2 Befsrite				●	◎															◎			○	
	7	2X-3 Befsrite				●	◎															◎			○	
	8	2A-4 Befsrite				●	●	△			△														△	
	9	3X-1 Befsrite				○				●	●														△	
	10	3X-2 Befsrite, sulfide rich				○				●	●														△	
	11	3A-3 Befsrite, sulfide rich				◎				●	●														△	
	12	4X-1 Befsrite, Fe oxide rich				◎				●	●														△	
	13	4X-2 Befsrite, sulfide rich				◎				●	●														△	
	14	5A-1 Dolomite			○				△		△														○	
	15	5X-2 Befsrite, Phl rich				●	○			◎															○	
	16	6X-1a Befsrite, Phl rich				◎				○															○	
	17	6X-1b Befsrite, Phl rich				○				○															○	
	18	6X-2 Befsrite, Ap rich			△																				△	
	19	7X-1a Befsrite, Ap rich				●	●			○															△	
	20	7A-1b Befsrite, Ap rich				○	○			○															△	
	21	7X-2 Befsrite, Ap rich				○	○			○															△	
	22	7A-3 Befsrite, Ap rich				○	○			○															△	
	23	8A-1 Befsrite, Phl rich				○	△			○															△	
	24	8X-2 Befsrite, Ap rich				○	△			○															△	

●: abundant ◎: common ○: poor △: detectable

Abbreviation

Qtz: quartz Pl: plagioclase Ab: albite Kfs: potassium feldspar Rbk: riebeckite Phl: phlogopite Ms: muscovite

Cal: calcite Mcc: manganese calcite Dol: dolomite Ank: ankerite Sd: siderite Mgs: magnesite

Mag: magnetite Hem: hematite

Py: pyrite Mc: marcasite Po: pyrrothite

Ap: apatite

Chl: chlorite Mnt: montmorillonite Alg: antigorite Tlc: talc Goe: goethite

The rock codes are same as in the appendices of B-1.

表Ⅱ-2-8 ボーリングコアのEPMA定量分析結果一覧表

Sample No. mineral Point No.	3T-4				6T2-1				7T-2					
	pyrochlore		pyrochlore		Pyrochlore		Pyrochlore		1-core		2-core		2-rim	
	1-core	1-rim	2-core	2-rim	1-core	1-rim	2-core	2-rim	1-core	1-rim	2-core	2-rim	1-core	2-rim
	Weight percentage													
Si	0.000	0.045	0.002	0.008	0.049	0.037	0.025	0.032	0.316	0.217	0.017	0.064	0.316	0.064
Ti	0.315	0.526	0.233	0.399	1.015	0.945	1.308	0.964	0.848	0.839	0.863	1.066	0.848	1.066
Zr	0.011	0.000	0.121	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.011	0.007	0.020	0.000	0.020
Ta	0.002	0.000	0.000	0.015	0.023	0.000	0.000	0.000	0.045	0.004	0.018	0.000	0.045	0.000
Nb	51.645	51.479	50.673	51.895	50.218	49.381	49.408	48.183	49.929	49.621	48.979	49.263	49.929	49.263
Ce	0.474	0.839	0.535	0.551	0.398	0.414	0.409	0.395	0.306	0.267	0.393	0.328	0.306	0.328
Nd	0.110	0.151	0.123	0.094	0.060	0.091	0.053	0.041	0.033	0.057	0.092	0.070	0.033	0.070
Ca	10.428	10.645	10.056	10.449	10.209	10.456	10.622	10.457	9.966	10.133	10.041	10.076	9.966	10.076
Sr	0.932	0.850	1.276	0.831	1.909	1.954	1.772	1.937	2.355	2.639	2.970	2.771	2.355	2.771
Na	5.965	5.978	5.893	6.108	5.706	5.630	5.650	5.336	5.706	5.592	5.703	5.723	5.706	5.723
F	7.850	7.098	7.770	7.795	7.593	7.949	7.825	7.725	7.465	7.995	7.798	7.959	7.465	7.959
O(calc.)	25.652	26.231	25.155	25.897	25.650	25.162	25.490	24.631	25.741	25.337	25.023	25.237	25.741	25.237
Total	103.384	103.842	101.837	104.042	102.830	102.019	102.568	99.701	102.710	102.712	101.904	102.577	102.710	102.577
	Atom numbers(Si+Ti+Zr+Ta+Nb=2.000)													
Si	0.000	0.006	0.000	0.001	0.006	0.005	0.003	0.004	0.040	0.028	0.002	0.008	0.040	0.008
Ti	0.023	0.039	0.018	0.029	0.075	0.071	0.098	0.075	0.063	0.063	0.066	0.080	0.063	0.080
Zr	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
Ta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Nb	1.976	1.956	1.977	1.969	1.918	1.924	1.899	1.921	1.897	1.909	1.931	1.911	1.897	1.911
B site	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ce	0.012	0.021	0.014	0.014	0.010	0.011	0.010	0.010	0.008	0.007	0.010	0.008	0.008	0.008
Nd	0.003	0.004	0.003	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
Ca	0.925	0.937	0.910	0.919	0.904	0.944	0.946	0.967	0.878	0.904	0.918	0.906	0.878	0.906
Sr	0.038	0.034	0.053	0.033	0.077	0.081	0.072	0.082	0.095	0.108	0.124	0.114	0.095	0.114
Na	0.922	0.918	0.929	0.937	0.881	0.886	0.878	0.860	0.876	0.870	0.909	0.897	0.876	0.897
A site	1.900	1.914	1.909	1.905	1.874	1.924	1.908	1.920	1.857	1.889	1.963	1.927	1.857	1.927
F	1.469	1.319	1.483	1.447	1.418	1.514	1.471	1.506	1.387	1.504	1.504	1.510	1.387	1.510
O(calc.)	5.700	5.786	5.700	5.707	5.689	5.692	5.689	5.703	5.679	5.661	5.729	5.684	5.679	5.684

Composition of pyrochlore, assuming A₂B₂O₆F as the formula.

The rock codes are same as in the appendices of B-1.

表 II - 2 - 9 ボーリングコアの酸素及び炭素同位体比測定結果一覧表

Sp.No.	Rock Name	Rock Code	$\delta^{13}\text{CPDB} (\text{‰})$		$\delta^{18}\text{OSMOW} (\text{‰})$	
			Calcite	Dolomite	Calcite	Dolomite
1R-1	Beforsite	Mcb1	-4.6	-4.7	8.0	8.5
3R-1	Beforsite, sulfide rich	Mcb1	-4.6	-4.5	8.5	8.5
3R-3	Beforsite, sulfide rich	Mcb1	-4.0	-4.0	8.5	8.5
3R-5	Beforsite, sulfide rich	Mcb1	-4.0	-4.0	8.2	8.2
4R-1	Beforsite, sulfide rich	Mcb1	-3.7	-3.7	8.8	8.8
6R-1	Beforsite, apatite rich	Mcb2	-4.9	-4.9	8.3	8.3
7R-1	Beforsite, apatite rich	Mcb2	-4.7	-4.8	8.2	8.2
8R-1	Beforsite, apatite rich	Mcb2	-4.7	-4.7	8.2	8.4

The rock codes are same as in the Appendices of B-1.

表II-2-2-10 ボーリングコアの地化学分析値基本統計値一覽表

Rock code	Nos.	La ppm	Ce ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Tb ppm	Tb ppm	Yb ppm	Lu ppm	Sc ppm	Y ppm	U ppm	Th ppm	Nb ppm	Ta ppm	Zr ppm	Mn ppm	Sr ppm	P ppm	Fe %	TM203 ppm
Maximum contents																						
Mcb1	129	10930	10023	1556	270.1	39.7	7.4	2.7	0.4	0.4	14.8	41	60	216	7391	113	848	16630	17174	25660	18.81	27662
Mcb2	90	926	1302	852	160.9	36.4	10.3	10.5	1.1	26.5	185	53	330	330	52200	5	273	15122	14024	45520	9.03	4259
Msu	15	995	1882	692	185.1	46.9	15.8	10.5	1.2	5.9	190	175	87	87	4065	98	643	5572	13214	77380	11.84	4953
Nsh	8	4105	4485	1222	271.8	80.3	37.3	30.5	4.3	22.4	71.0	42	657	657	1617	87	303	10974	6270	67040	10.52	12428
Minimum contents																						
Mcb1	129	23	35	17	2.0	0.6	0.4	0.4	0.1	0.5	4	4	1	1	3	2	3	1488	788	100	2.34	127
Mcb2	90	5	12	6	2.0	0.5	0.6	0.5	0.1	0.5	6	6	1	1	18	2	3	1005	401	100	1.21	50
Msu	15	102	206	74	14.7	4.0	1.5	1.6	0.2	0.5	26	26	1	5	164	2	3	456	411	5064	2.25	522
Nsh	8	34	54	18	4.6	2.0	0.7	0.9	0.1	0.7	13	13	1	1	73	2	3	191	260	779	2.89	154
Arithmetic average																						
Mcb1	129	257	360	95	15.1	3.00	1.14	0.77	0.12	5.92	10.2	5.89	24.5	24.5	1111	8.07	20.4	6971	6329	2602	4.86	912
Mcb2	90	135	289	132	31.6	8.04	3.15	1.92	0.23	4.22	34.8	2.66	16.6	16.6	2068	2.11	14.0	6295	6241	12221	3.63	822
Msu	15	504	884	318	70.4	17.94	6.79	5.75	0.72	2.13	98.9	59.87	41.4	41.4	815	40.67	225.5	2541	3925	29930	6.28	2327
Nsh	8	991	1291	447	81.7	21.76	9.39	12.51	1.64	9.36	184.9	18.75	149.4	149.4	494	22.75	95.9	5236	3599	20172	6.77	3650
Geometric average																						
Mcb1	129	130.4	223.7	66.0	10.6	2.22	1.01	0.69	0.11	5.54	9.0	3.57	14.0	14.0	387.8	4.26	6.6	6670	5893	423	4.49	556
Mcb2	90	130.9	219.3	93.8	22.6	5.69	2.39	1.51	0.19	2.63	26.8	1.55	5.9	5.9	732.0	2.07	4.5	5864	5509	6101	3.35	631
Msu	15	416.7	749.2	275.6	58.2	14.99	5.83	5.20	0.65	1.53	88.6	32.69	31.4	31.4	560.4	30.61	124.4	1964	3131	21589	5.27	1988
Nsh	8	334.2	517.6	184.3	35.0	10.24	4.29	5.50	0.71	6.07	75.1	11.22	36.2	36.2	277.4	11.36	46.9	2587	2490	9941	6.08	1436

Beforsite (Mcb) is subdivided into the Central beforosite (Mcb1) and the Northeast beforosite (Mcb2). Other rock codes are same as in the appendices of B-1.

10

11

12